ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DU D[r] TOULOUSE

BIBLIOTHÈQUE DE PSYCHOLOGIE EXPÉRIMENTALE

DIRECTEUR · D[r] TOULOUSE

Technique de Psychologie Expérimentale

Tome Premier

2[e] ÉDITION

PAR

LE D[r] TOULOUSE ET H. PIÉRON



O. DOIN ET FILS, ÉDITEURS, PARIS

C. Spearman

9A

Octave DOIN ET FILS, éditeurs, 8, place de l'Odéon, Paris.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

Publiée sous la direction du Dr Toulouse

BIBLIOTHÈQUE DE PSYCHOLOGIE EXPÉRIMENTALE

Directeur : Dr Toulouse

Médecin en chef de l'Asile de Villejuif
Directeur du Laboratoire de Psychologie expérimentale
à l'École des Hautes Études.

Le but de cette Bibliothèque est de résumer nos connaissances actuelles en Psychologie *normale* (fonctions sensorielles, intellectuelles, affectives), *comparée* (développement mental ontogénique et phylogénique, et psychologie sociale), *anormale* (génie), *morbide* (hypnotisme, folie, crime). En outre un volume permet de suivre l'évolution scientifique de la psychologie, tandis que d'autres sont destinés à fournir les données anatomo-physiologiques nécessaires pour comprendre le mécanisme du fonctionnement mental.

Le caractère essentiel de la Bibliothèque réside dans ce fait que les études publiées sont presque toutes essentiellement basées sur l'expérimentation, qui a transformé, à la fin du siècle dernier, la psychologie, pour la rapprocher des autres sciences biologiques et en particulier de la physiologie dont elle n'est au fond qu'une branche. En accord avec l'importance croissante prise

par l'expérimentation, un volume de technique psychologique met les lecteurs en possession d'une méthode générale de recherche, permettant de caractériser les individus au point de vue psychologique, comme l'anthropométrie permet de le faire au point de vue morphologique. Quant aux méthodes particulières à chaque problème, elles sont envisagées dans chacun des volumes particuliers de la Bibliothèque où l'on trouve une mise au point des connaissances sur chaque sujet, avec une critique des observations et des expériences.

Cette bibliothèque, qui s'adresse, par sa partie générale, à tous les savants non spécialisés dans ces études, mais désireux d'en connaître la marche et les principaux résultats, est surtout destinée à servir de guide aux psychologues, et à tous ceux qui touchent à la psychologie dans leurs travaux ou dans leurs fonctions, biologistes, physiologistes, médecins, pédagogues, philosophes, sociologues. Elle n'est pas moins indispensable aux maîtres qui, dans leur enseignement, peuvent s'appuyer sur une synthèse qui leur épargne des recherches pénibles et leur évite de perdre le contact avec les progrès constants de la science, qu'aux élèves qui trouvent là un enseignement écrit précieux, et une initiation aux méthodes expérimentales et aux discussions fécondes de la science qui se fait.

Cette Bibliothèque, en son ensemble simple et complet, constitue un vaste Traité de psychologie en 20 000 pages environ, facile, par des éditions successives de volumes séparés, à tenir au courant des progrès de cette science.

Par suite de la pénétration réciproque des sujets, cer-

taines questions se trouvent nécessairement appelées à être envisagées dans des volumes différents sous des points de vue distincts, ce qui ne peut qu'être fructueux.

Enfin, certaines questions connexes à la science psychologique prendront place dans des volumes d'autres Bibliothèques de l'Encyclopédie scientifique, en particulier celles de Biologie générale, Physique biologique, Physiologie, Sociologie, Neurologie et Anthropologie, la Psychologie appliquée faisant l'objet, d'autre part, d'une Bibliothèque distincte.

Les volumes sont publiés dans le format in-18 jésus ; ils forment chacun de 300 à 400 pages avec ou sans figures dans le texte. Le prix marqué de chacun d'eux est fixé, quel que soit le nombre de pages, à 5 francs, relié. (*Ceux n'existant encore que brochés sont au prix de 4 francs*). Chaque ouvrage se vend séparément.

Voir, à la fin du volume II, la notice sur l'ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE, pour les conditions générales de publication.

TABLE DES VOLUMES
ET LISTE DES COLLABORATEURS

*Les volumes publiés sont marqués par un **

INTRODUCTION.

1. **La Psychologie expérimentale. Son évolution.** N.
2. **L'Évolution fonctionnelle du système nerveux.** H. PIÉRON, Maître de Conférences à l'École des Hautes Études.
3. **Introduction anatomo-physiologique à l'étude de la psychologie.** N.

I

1. **Physiologie psychologique.** L. HALLION, Directeur adjoint du Laboratoire de Physiologie à l'École des Hautes Études.

*2. **Technique de Psychologie expérimentale** de TOULOUSE, VASCHIDE et PIÉRON. 2e édition. Ed. TOULOUSE, Médecin en chef de l'Asile de Villejuif, Directeur du Laboratoire de Psychologie expérimentale à l'École des Hautes Études, et H. PIÉRON, Maître de Conférences à l'École des Hautes Études, 2 volumes.

3. **L'Observation psychologique.** N.

II

1. **La Sensation et la Perception.** COURTIER, Chef des travaux au Laboratoire de Physiologie des sensations à l'École des Hautes Études.
2. **Les Sensations internes** (les sensations sous-cutanées, les mécanismes d'équilibration : sens labyrinthique, etc.). N.
3. **Le Tact et les Sensations cutanées.** J. JOTEYKO, Chef de Laboratoire à l'Université de Bruxelles.
4. **L'Odorat.** ZWAARDEMAKER, Professeur de Physiologie à l'Université d'Utrecht.

*5. **Le Goût.** L. MARCHAND, Médecin en chef de la Maison nationale de Charenton.

*6. **La Vision.** E. NUEL, Professeur de physiologie des organes des sens à l'Université de Liège.

*7. **L'Audition.** Dr Pierre Bonnier.
*8. **Le Mouvement.** R. S. Woodworth, Professeur de Psychologie à l'Université Columbia, New-York.
*9. **La Mimique.** E. Cuyer, Professeur suppléant à l'École des Beaux-Arts.
10. **Le Langage.** M. de Fleury, membre de l'Académie de Médecine.
11. **L'Écriture.** N.
*12. **Les Émotions.** G. Sergi, Professeur d'Anthropologie et de Psychologie expérimentale à l'Université de Rome.
13. **L'Instinct sexuel.** E. Lacassagne, Professeur de Médecine légale à l'Université de Lyon.
*14. **La Mémoire.** J.-J. Van Biervliet, Professeur de Psychologie à l'Université de Gand.
*15. **L'Association des Idées.** Ed. Claparède, Professeur de Psychologie à l'Université de Genève.
*16. **L'Imagination.** L. Dugas, Professeur de Philosophie à l'Université de Rennes.
*17. **Les Fonctions logiques. La connaissance et le Jugement. La logique fonctionnelle.** J. M. Baldwin, Professeur de Psychologie à l'Université John Hopkins, Baltimore.
18. **L'Attention.** W. B. Pillsbury. Professeur de Psychologie à l'Université de Michigan.
*19. **La Volonté.** 2e édition. F. Paulhan.
20. **La Personnalité.** Pitres, Professeur de Clinique médicale, et Régis, Professeur adjoint de Psychiâtrie à l'Université de Bordeaux.
*21. **Le Caractère.** P. Malapert, Docteur ès lettres, Professeur agrégé de Philosophie au Lycée Louis-le-Grand.

III

1. **Le Travail et la Fatigue intellectuels.** J. M. Lahy, Chef des travaux au Laboratoire de Psychologie expérimentale de l'École des Hautes Études.
2. **Le Sommeil et les Rêves.** H. Piéron. Maître de Conférences à l'École des Hautes Études.
3. **L'Inconscient.** Ducasse, Professeur agrégé de Philosophie au Lycée d'Évreux.
4. **Le Génie.** E. Rabaud, Maître de Conférences à la Sorbonne.

IV

1. **Psychologie animale.** Edmond Perrier, Membre de l'Institut et de l'Académie de Médecine, Directeur du Muséum d'Histoire naturelle.
2. **Le Développement intellectuel de l'enfant.** Blum, Professeur agrégé de Philosophie au Lycée de Lyon.

3. **L'Anthropologie psychologique.** E. Morselli, Professeur de clinique des maladies mentales et nerveuses à l'Université de Gènes.
4. **Psychologie sociale.** E. Parodi, Professeur agrégé de Philosophie au Lycée Michelet.
5. **Esthétique psychologique.** V. Basch, Chargé de Cours à la Sorbonne.

*6. **Morale** (Psychologie éthique). G.-L. Duprat, Docteur ès lettres, Professeur de Philosophie au Lycée d'Aix-en-Provence, Directeur du Laboratoire de Psychologie expérimentale d'Aix.

V [1]

1. **L'Hérédité mentale.** A. Antheaume, Médecin honoraire de la Maison nationale de Charenton, et Cl. Vurpas, Médecin en chef de l'Hospice de Bicêtre.

*2. **La Contagion mentale.** Vigouroux, Médecin en chef des asiles de la Seine, et P. Juquelier, Médecin assistant à l'Asile clinique.

*3. **L'Hypnotisme et la Suggestion.** 3e édition. G. Grasset, Professeur de Clinique médicale à l'Université de Montpellier.

4. **Les Illusions et les Hallucinations.** A. Tamburini, Professeur de clinique psychiâtrique à l'Université de Rome.

*5 **Les Obsessions et les Impulsions.** Pitres, Professeur de Clinique médicale, et Régis, Professeur adjoint de Psychiâtrie à l'Université de Bordeaux.

6. **Le Crime.** P. Colin, Médecin en chef des Asiles de la Seine.

*7. **La Démence.** A. Marie, Médecin en chef des Asiles de la Seine, Directeur du Laboratoire de Psychologie pathologique de l'École des Hautes Études.

1. Voir aussi, pour la psychopathologie, la Bibliothèque de Neurologie et Psychiâtrie de l'E. S.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

du Dr TOULOUSE, Directeur de Laboratoire à l'École des Hautes Études.

Secrétaire général : H. PIÉRON, Agrégé de l'Université.

BIBLIOTHÈQUE DE PSYCHOLOGIE EXPÉRIMENTALE

Directeur : Dr TOULOUSE

TECHNIQUE DE PSYCHOLOGIE EXPÉRIMENTALE

I

TECHNIQUE

DE

PSYCHOLOGIE EXPÉRIMENTALE

DE TOULOUSE, VASCHIDE ET PIÉRON

DEUXIÈME ÉDITION, ENTIÈREMENT REFONDUE ET TRÈS AUGMENTÉE

PAR

ED. TOULOUSE
Médecin en chef de l'asile de Villejuif,
Directeur du Laboratoire
de Psychologie expérimentale
à l'École des Hautes Études.

ET

H. PIÉRON
Agrégé de l'Université,
Maître de Conférences
de Psychologie expérimentale
à l'École des Hautes Études.

TOME PREMIER

Avec 48 figures dans le texte.

PARIS

OCTAVE DOIN ET FILS, ÉDITEURS

8, PLACE DE L'ODÉON, 8

1911



PRÉFACE

Après six années de travaux et de recherches où la préoccupation des techniques est restée dominante dans notre laboratoire de psychologie expérimentale de l'École des Hautes Études, à l'asile de Villejuif, nous avons, en l'absence de notre regretté collaborateur N. Vaschide, mort si prématurément, fait un livre entièrement nouveau de cette deuxième édition de notre *Technique de psychologie expérimentale*[1].

Ce travail avait été suscité par le sentiment très net éprouvé par l'un de nous[2], il y a 15 ans, de l'insuffisance des méthodes expérimentales pour l'examen mental précis des individus.

Au cours de ces quinze années, par suite des travaux nombreux que la psychologie expérimentale a vu naître, surtout en Allemagne et en Amérique, par suite aussi — qu'on nous permette de l'espérer — de nos recherches personnelles ininterrompues,

1. Nous avons toujours profité, dans nos études telniques, du concours dévoué de la surveillante du laboratoire, Mlle Mathurine Bucca.

2. Toulouse, *Enquête médico-psychologique sur la supériorité intellectuelle*, Émile Zola, 1896.

de sérieux progrès ont été réalisés, ce qui ne veut pas dire qu'il n'y en ait pas encore beaucoup à faire.

Par rapport à la première édition de l'ouvrage, consacrée surtout à l'exposé de nos méthodes, ce nouveau livre, qui s'est considérablement accru, se distingue surtout par les caractères suivants :

1° Une très large place a été faite aux méthodes habituellement employées dans les divers laboratoires de France, d'Allemagne, d'Angleterre et d'Amérique, méthodes que nous critiquons parfois, que nous adoptons assez souvent, mais que nous indiquons toujours.

2° Un très grand développement a été donné aux phénomènes sensoriels, en particulier aux perceptions complexes, et surtout à la vision, qui a été ces temps derniers particulièrement étudiée par les physiciens, les ophtalmologistes, les physiologistes et les psychologues.

3° Une importance toute spéciale a été donnée aux phénomènes supérieurs, dont l'investigation est particulièrement difficile, mais d'une haute importance pratique. En particulier un effort a été fait pour étudier expérimentalement, par les côtés saisissables, les phénomènes *d'autoconduction,* dans l'application et la direction des processus psychiques à un objet déterminé, effort où nous avons profité de la collaboration féconde de M. M. Mignard, médecin-adjoint des asiles.

La question avait d'abord été portée avec cette collaboration sur le terrain pathologique[1], où elle est

1. Toulouse et Mignard, Confusion et démence. *Revue de psychiâtrie*, 1908-1909. Un livre est en préparation sur ce sujet.

née d'ailleurs, et où il faut encore rappeler une première tentative faite avec la collaboration de M. Damaye[1]. En cette matière, la différenciation psychologique est capitale et il fut fait des recherches en particulier sur la distinction de la confusion et des démences.

A propos de ces phénomènes supérieurs, nous indiquons les limites du domaine expérimental, qui doit céder la place à un moment donné aux méthodes d'observation, extrêmement fécondes, mais qui ne rentrent pas dans le cadre de cette technique.

4° Nous avons introduit quelques données précises sur l'établissement des moyennes et le calcul des corrélations, qui a pris dans la psychologie une haute importance, en particulier en Angleterre.

5° Un très grand nombre de méthodes et d'appareils nouveaux, que nous avons été amenés à concevoir ou à faire construire, se trouvent indiqués. Des modifications ont été apportées à d'anciens appareils et à d'anciennes méthodes du laboratoire; il est enfin des appareils auxquels nous avons renoncé pour leur en substituer de nouveaux.

6° Enfin nous avons supprimé tout ce qu'il y avait de théorique dans notre première édition. Notre technique ne vise qu'à être une technique utile pour la réalisation des expériences; aussi notre classification des phénomènes psychiques, bien que nous ayons eu le souci du classement logique, est surtout une classification pratique pour la recherche, où des rappro-

1. Toulouse et Damaye, La démence vésanique est-elle une démence? *Revue de psychiâtrie*, 1900.

chements de méthodes, des influences traditionnelles même ont pu jouer un rôle.

Nous espérons que le public scientifique fera à cette nouvelle *Technique* un accueil aussi favorable qu'à la première ; et nous nous proposons de continuer, par nos recherches personnelles et par l'utilisation des études techniques de tous nos collègues — dont nous sollicitions les publications — à perfectionner notre œuvre, dont nous ne nous dissimulons pas les défauts, mais dont on ne saurait, croyons-nous, contester l'utilité.

Paris, juillet 1910.

INTRODUCTION

L'EXPÉRIMENTATION PSYCHOLOGIQUE

Nous donnons dans cet ouvrage une technique expérimentale ; c'est-à-dire que nous avons laissé de côté toutes les méthodes d'observation, d'enquête, de statistique, basées sur une étude directe ou sur l'utilisation de questionnaires. Ce n'est pas que nous considérions comme négligeable la valeur de ces méthodes, au contraire ; leur importance ne permettait pas de les traiter à fond dans un livre déjà très étroitement resserré par les limites qui lui sont imposées. Néanmoins nous consacrerons quelques pages à l'observation, d'une part dans cette introduction, à propos de l'examen des conditions préalables des expériences et, dans le dernier chapitre, à propos de la détermination complète des types individuels, pour laquelle l'expérimentation est à l'heure actuelle encore insuffisante.

D'autre part nous avons également dû laisser de côté toutes les méthodes, très différentes et trop importantes aussi pour ne pas leur consacrer un ouvrage entier, de la psychologie physiologique, c'est-à-dire toutes les méthodes purement physiologiques utilisées pour la détermination des concomitants organiques des phénomènes mentaux : enregis-

trement et mesure des variations de la respiration (mouvements, quotient respiratoire, etc.), de la circulation (pouls cardiaque, pouls périphériques artériels, capillaires et veineux, pression sanguine, vitesse de l'onde sanguine, etc.), de la nutrition, digestion, échanges (sécrétions diverses, élimination urinaire et sudorale, etc.), de la thermogénèse, des propriétés électriques de l'organisme, etc.

Un examen complet ne peut se faire que si l'on utilise, outre les méthodes expérimentales décrites dans ce volume, les méthodes physiologiques et les méthodes en quelque sorte cliniques d'observation psychologique.

Dans cette partie — d'ailleurs la plus importante — de l'examen, qui est basée sur l'expérimentation proprement psychologique, nous devons, avant d'entrer dans le détail des méthodes particulières, envisager quelques questions générales. C'est d'abord celle du laboratoire, nécessairement impliqué par le caractère technique des recherches, la délicatesse des mesures. C'est ensuite celle des appareils, dont la nécessité apparaît surtout pour l'étude des processus élémentaires. C'est encore celle des conditions d'expérience, et des sujets de ces expériences, particulièrement importante, et particulièrement épineuse. C'est enfin celle des méthodes dans leur ensemble et de leurs principaux caractères.

I. — Le laboratoire.

On a souvent critiqué l'usage de locaux spéciaux

pour des recherches psychologiques et signalé le caractère artificiel de la « psychologie de laboratoire ». Les critiques seraient valables dans la mesure où l'on prétendrait épuiser le domaine psychologique avec nos méthodes expérimentales techniques, mais nous venons de signaler que nous n'avions pas cette prétention. Évidemment le fait d'être dans un laboratoire constitue pour le sujet une mentalité spéciale ; mais il y a une mentalité adaptée à chaque milieu, et, si on ne prétend pas que la mentalité étudiée constitue toute la mentalité possible d'un individu, cette étude est légitime, car il y a une parenté entre les diverses mentalités individuelles, et la comparaison des individus pris dans les mêmes conditions est valable et importante ; mais elle n'est pas suffisante encore une fois pour la détermination du caractère individuel. Un très grand nombre de déterminations psychologiques relèvent des méthodes de laboratoire et d'elles seules, un certain nombre peuvent être effectuées dans des locaux à peu près quelconques. Tout dépend de la plus ou moins grande nécessité d'appareils complexes et de conditions uniformes.

Certaines mesures exigent même une adaptation toute spéciale. C'est ainsi que, pour les mesures correctes d'audition, il faudrait pouvoir disposer d'une pièce parfaitement soustraite aux bruits du dehors, et silencieuse par elle-même, c'est-à-dire propre à étouffer rapidement les sons : des doubles parois, l'emploi du liège, le feutrage du plancher et des murs, permettent d'atteindre à ce desideratum, celui, en somme, d'une grande cabine téléphonique. Pour

la vision, il faut une chambre noire où l'obscurité soit parfaite, et des pièces où la lumière du jour puisse pénétrer par de grandes ouvertures, avec réglage possible de l'intensité de la lumière à l'intérieur au moyen d'un jeu de rideaux minces superposables, formant un écran réducteur.

L'énergie électrique est indispensable à un très grand nombre de recherches, soit en faible quantité, comme pour l'usage de chronoscopes, et alors des piles ou des accumulateurs peuvent suffire, soit en quantité plus considérable (éclairage, force pour la rotation des disques, etc.), et alors on doit faire appel au courant d'une machine électrique, ou d'une batterie d'une cinquantaine d'accumulateurs.

Il est évidemment inutile d'entrer dans les détails, nécessairement contingents, d'installation du laboratoire, et d'insister sur la nécessité d'avoir des vitrines pour protéger les appareils, des supports nombreux de hauteur variable, des tables bien d'aplomb, des sièges divers pour l'installation commode du sujet, des dispositifs fixes pour les expériences fréquentes, etc., etc.

Peut-être n'est-il pas mauvais cependant de rappeler que les laboratoires d'expériences doivent être simples, nus, afin d'éviter de donner aux sujets des distractions perturbatrices ; si l'on veut faire un musée, que ce soit dans une pièce spéciale, et non dans les locaux consacrés aux recherches.

Il existe à l'heure actuelle, en Allemagne et surtout en Amérique, un grand nombre de laboratoires d'Université qui sont fort bien installés.

Le laboratoire de l'Université Harvard, à Boston,

comprend vingt-trois pièces, dont cinq chambres noires, une chambre silencieuse, cinq pièces consa-

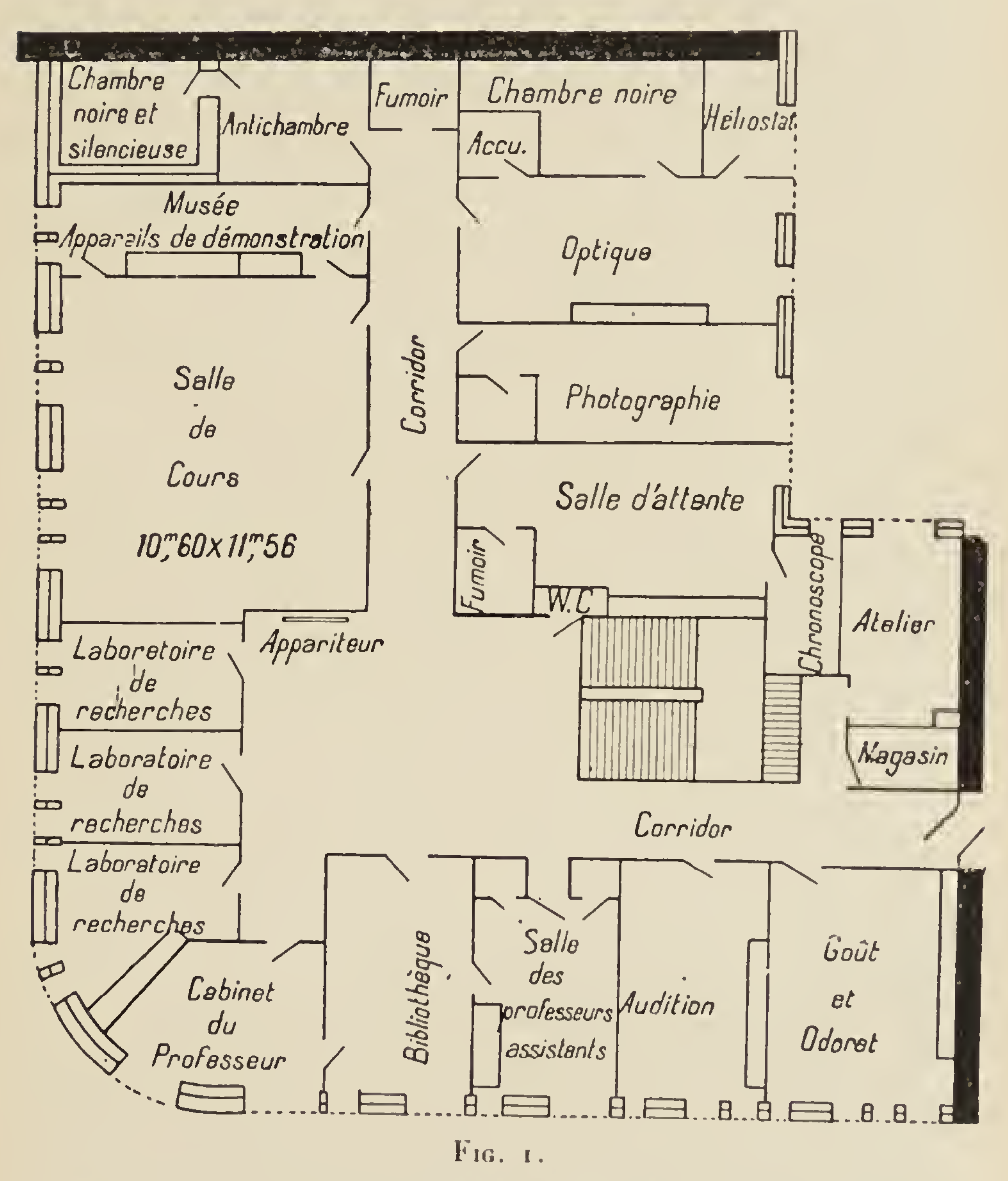


Fig. 1.

Plan du laboratoire de psychologie de l'Université Leland Stanford Junior.

crées à la psychologie animale avec vivarium, des ateliers, une bibliothèque, un musée d'appareils, etc.

Le laboratoire de l'Université Columbia, à New-

York, comprend plus de quinze pièces, avec salle de cours pour cent élèves, bibliothèque, musée, bureaux, sept laboratoires de recherches dont deux silencieux et formant chambre noire, une salle de chimie biologique, une autre d'anthropométrie, et des ateliers.

Il est inutile de pousser plus loin l'énumération. Nous nous contentons de donner dans le plan ci-joint, qui représente le laboratoire récemment installé d'une des plus petites Universités américaines, celle de Leland Stanford Junior[1], un exemple plus modeste mais fort bien compris d'organisation de locaux psychologiques.

Nous ne pourrions donner un exemple emprunté aux laboratoires français, particulièrement étriqués, et réduits à un très petit nombre de pièces : laboratoires de l'École des Hautes Études, de physiologie des sensations, de psychologie physiologique, de psychologie expérimentale, de psychologie pathologique ; laboratoires de clinique, à l'asile Sainte-Anne (maladies mentales) et à la Salpêtrière (maladies nerveuses). Quant aux Universités françaises, une seule possède un laboratoire, c'est l'Université de Rennes, qui vient de lui consacrer des locaux très vastes. Quant à l'Université de Paris, elle n'en possède aucun dans ses locaux, et la première Faculté des Sciences de France, si ce n'est même la première du monde, ignore encore la psychologie expérimentale !

1. Cette Université, fondée en 1891 dans la ville de Palo Alto près de San Francisco (Californie), a environ 1 400 étudiants pour ses diverses matières d'enseignement, qui correspondent au programme de nos Facultés, Ecole de pharmacie et grandes écoles spéciales.

2. — Les appareils.

L'expérimentateur est obligé de faire appel à toute une instrumentation complexe et fort coûteuse. Cette partie essentielle d'un laboratoire psychologique peut représenter une valeur d'une cinquantaine de mille francs.

En dehors même de l'installation physiologique, dont nous n'avons pas à nous occuper dans ce volume, et du matériel qui peut être nécessaire pour la psychologie comparée, il faut en effet, pour l'étude des sensations, un laboratoire de physique et même un laboratoire de chimie. Toutes les recherches optiques relèvent en effet de la physique, et exigent la précision de cette science, et une installation analogue. Les mesures relatives au goût, à l'odorat, aux sensations chromatiques étudiées au moyen de solutions colorées, impliquent une petite installation chimique. Il faut des étuves à régulateur ou des thermostats et de la verrerie.

Le miscroscope, la balance de précision sont nécessaires, en particulier pour la vérification des instruments de mesure de la sensibilité tactile à la pression.

La nécessité d'un atelier pour les petites réparations, pour les constructions grossières, apparaît avec évidence, ainsi que de tout le matériel que cela implique.

Pour être renseigné sur les conditions physiques du milieu, il faut disposer de divers appareils de mesure, hygromètres, thermomètres, baromètres, etc.

Comme l'on peut avoir besoin de corriger la vue anormale d'un sujet, il faut disposer d'une série complète de verres correcteurs.

Enfin chaque catégorie d'expériences nécessite son matériel propre, dont une partie peut être utilisée dans un plus ou moins grand nombre d'expériences différentes.

Les chronoscopes, cylindres, signaux électriques, etc., sont en particulier d'un usage fréquent, ainsi que des dispositifs pour la rotation de disques à vitesse variable.

Mais nous n'avons pas ici à rentrer dans ces détails particuliers qui ressortissent aux techniques spéciales exposées dans ce livre.

Dans ces techniques nous n'envisageons certes pas la totalité des appareils qui ont été proposés ou construits, car beaucoup n'ont qu'un intérêt historique. Nous avons toujours indiqué les appareils qui nous ont paru être les plus précis et les plus commodes, soit que nous les ayons imaginés, soit que nous les ayons modifiés, soit que nous les ayons empruntés à divers auteurs, dont le nom est alors cité[1].

1. Comme principaux constructeurs d'appareils utilisés en psychologie, nous pouvons indiquer en France :

Tainturier, 7, rue Blainville et *Verdin* (*Boulitte*, successeur), 7, rue Linné, à Paris ; *Fontaine*, 24, rue Racine, à Paris ; *Lancelot*, 70, avenue du Maine, à Paris (Appareils d'acoustique) ; *Ducretet*, 75, rue Claude-Bernard, à Paris (Instruments de physique, électricité) ; *Pellin*, avenue du Maine, à Paris (Instruments d'optique, ophtalmologie) ; *Richard*, 25, rue Mélingue, à Paris (Instruments enregistreurs) : *Delagrange*, 5, rue Delambre, à Paris (Périmètre de Polack), etc.

A l'étranger, nous signalerons comme principales maisons : *Kagenaar*, à Utrecht ; *Schmidt*, à Giessen ; *Spindler* et *Hoyer*, à

Et d'ailleurs les progrès de la technique instrumentale sont encore loin d'être terminés et il reste encore à faire bien des recherches dans cette voie.

3. — Les sujets et les conditions d'expériences.

Le choix des sujets a une réelle importance, mais il est souvent difficile, car on ne se procure pas de ceux-ci aussi aisément que des cobayes ou des chiens en physiologie.

Les sujets sont habituellement les expérimentateurs eux-mêmes, ou des étudiants, des élèves, et cela s'explique assez bien. Mais, s'il y a des avantages en certaines circonstances à avoir affaire à des gens avertis, comprenant ce qu'on attend d'eux, susceptibles de s'analyser avec assez de finesse, il y a aussi un réel danger souvent à faire appel à des personnes trop au courant du but des recherches, des théories dont on vise la vérification, des idées chères à l'expérimentateur et que le sujet par sympathie désirera plus ou moins consciemment voir confirmées, ou, par malignité, voir démenties.

S'il y a intérêt, par conséquent, pour des recherches délicates, à utiliser des sujets intelligents et bons observateurs, il faut, dans tous les cas, éviter

Gœttingen ; *Zimmermann*, à Leipzig ; *Peyer* et *Favarger*, à Neuchâtel (Chronoscope de Hipp) ; Laboratoires des Universités *Columbia* (à New-York) ; *Clark* (à Worcester, Mass.) ; Laboratoire de Chicago (31, 45, Randolph Street, Chicago) ; Compagnie des intruments scientifiques de Cambridge (Stibb's Row, Cambridge).

le plus possible tout facteur d'autosuggestibilité, il faut laisser ignorer ce que l'on vise exactement à rechercher, et surtout ce que, plus ou moins nettement, l'on croit ou même l'on désire obtenir.

Pour l'établissement des moyennes, pour des mesures comparatives de groupes, les sujets sont indiqués par la nature même du travail, et il s'agit seulement de se procurer leur concours.

Il ne suffit pas en effet que le sujet consente à prêter passivement sa personne, comme un modèle à qui il suffit de garder la pose ; il faut, de la part du sujet, une collaboration active, il faut que ce dernier consente à participer effectivement aux expériences, et il n'est nul moyen de l'y obliger.

S'il n'y a pas à craindre que les sujets fassent croire à des capacités supérieures à celles qu'ils possèdent réellement, car la fraude est toujours facile à déceler, il peut fort bien arriver, en revanche, qu'ils paraissent inférieurs à ce qu'ils sont réellement, soit qu'ils subissent les effets inhibiteurs d'une émotion, comme cela arrive si souvent à des candidats aux examens, soit qu'ils ne s'intéressent pas aux recherches et négligent de faire aucun effort.

Il est bien certain que lorsque, par l'observation — qui ne saurait faire défaut à l'expérimentateur — on constate une émotion déprimante ou une mauvaise volonté, et même une indifférence réelle, il faut tâcher d'obtenir le calme, ou de relever l'intérêt, de faire appel à l'amour-propre. Si l'on échoue, il faut renoncer à l'emploi de ces sujets réfractaires, heureusement peu nombreux.

On doit aussi s'assurer qu'un sujet, bien dis-

posé un jour, ne se trouve pas distrait, dans une séance ultérieure, par des préoccupations morales plus ou moins graves, qui lui ôteraient la liberté d'esprit qui lui est nécessaire.

De même encore, au cours des expériences, lorsque l'intérêt faiblit, que la bonne volonté se lasse, il faut s'arrêter alors même qu'il n'existe encore aucune véritable fatigue.

Il y a donc lieu de surveiller constamment le sujet, de l'observer sans cesse, lorqu'on n'a pas confiance dans son auto-observation ; c'est là une nécessité qui va de pair avec les exigences expérimentales.

Ainsi, lorsqu'en physiologie on étudie les effets d'excitations diverses sur la pression sanguine d'un chien chloroformé, on doit constamment surveiller l'anesthésie, pour éviter, aussi bien les perturbations du réveil que les dangers d'une anesthésie trop profonde.

Et les préoccupations physiologiques ne doivent pas non plus rester étrangères au psychologue. Après une nuit d'insomnie, au cours d'une digestion difficile, dans une période de surmenage intellectuel ou après une fatigue physique, un sujet ne fournira pas des résultats comparables à ceux qu'il donnerait dans un état d'équilibre satisfaisant.

Aussi les heures des expériences doivent-elles être soigneusement choisies, et celles qui peuvent être considérées comme préférables sont, ou bien la matinée vers 9 heures-midi, avant le repas, après le repos de la nuit, ou bien la fin de l'après-midi, vers 4 heures-7 heures, au moment où les processus physiologiques atteignent leur maximum nycthéméral d'activité,

Il faut aussi se défier des perturbations météorologiques auxquelles certains individus sont si sensibles ; un excès d'humidité, une dépression brusque, une tension électrique exagérée, signe précurseur d'un orage, peuvent être des facteurs importants et qu'il est impossible de négliger.

Tous ces conseils généraux ne peuvent constituer à vrai dire une technique, ils concernent l'application de la technique, qui est bien véritablement un art non susceptible de se traduire en recettes. Il y a de bons et de mauvais expérimentateurs qui sauront ou ne sauront pas tirer d'une même technique des résultats satisfaisants. Il y a des aptitudes spéciales nécessaires à l'expérimentateur en tout ordre de science, en n'envisageant même que l'expérimentation proprement dite, et non la science, c'est-à-dire l'utilisation des expériences.

Mais nous ne pouvons entrer dans le détail des qualités professionnelles de l'expérimentateur, sujet général qui sort du cadre ce livre.

4. — Les méthodes.

Nous donnons ici une technique, et non une méthodologie psychologique ; nous n'allons donc pas examiner les inconvénients et les avantages de la méthode expérimentale, son étendue et ses limites, et encore moins ses principes généraux, qui ressortissent à la logique des sciences. Nous n'entrerons pas non plus dans une étude, qui concerne la psychologie théorique ou l'histoire de la psychologie, des

méthodes particulièrement employées en psychologie et surtout en psychophysique, telle que la méthode de l'erreur moyenne, la méthode des cas vrais et des cas faux, etc.

Ces méthodes sont impliquées dans notre technique, mais le savant applique les méthodes, et c'est le philosophe qui réfléchit sur elles après coup et les apprécie ou les juge. Ce n'est donc pas là notre tâche.

Néanmoins il y a quelques remarques qui ne sont pas inutiles, relatives à l'application particulière des méthodes expérimentales.

A. — *L'objet de la recherche.*

I. — *Adaptation de la technique.* — Il faut, lorsqu'on entreprend un travail, savoir bien exactement ce que l'on vise ; il est bien certain que les méthodes ne seront pas les mêmes dans tous les cas et que le choix des sujets dépendra du but à atteindre ; lorsqu'on veut déterminer des moyennes auxquelles telle ou telle mesure individuelle puisse être comparée, il faudra un très grand nombre de sujets superficiellement examinés ; lorsqu'on veut analyser un mécanisme mental, c'est avec une ou deux personnes très exercées que l'on se livrera à des expériences minutieuses et répétées.

Si l'on vise à approfondir la nature exacte d'un processus intellectuel, il faudra établir une technique appropriée ; si l'on veut vérifier quelque hypothèse sur des phénomènes sensoriels, on devra le plus sou-

vent faire construire des appareils adaptés au but poursuivi.

Aussi ne pouvons-nous prétendre donner une technique universelle susceptible de permettre toutes les recherches possibles, mais seulement une technique d'exploration systématique des processus mentaux d'individus donnés, permettant en outre certaines recherches d'un caractère théorique très général, telles que celles des corrélations des processus mentaux, de l'hérédité et de l'éducabilité des aptitudes, etc.

II. — *L'entraînement et la fatigue.* — Parmi les phénomènes généraux susceptibles d'être étudiés avec des techniques diverses, on peut envisager, pour un processus mental quelconque, susceptible de mesure, l'entraînement du sujet et les effets de la fatigue.

Il arrive fréquemment en effet que les résultats obtenus chez un individu deviennent meilleurs au bout d'un certain nombre d'épreuves ; c'est là un résultat de l'entraînement, soit d'une sorte d' « échauffement » général, d'hyperactivité, se traduisant dans tous les domaines, soit d'une adaptation psychomotrice plus exacte, soit encore d'une plus grande intervention de processus intellectuels.

C'est ainsi que, dans des mesures de temps de réaction, le sujet, après avoir fait attention tantôt à l'excitant, tantôt au mouvement, tantôt aux deux, peut se stabiliser dans une forme optima de l'effort d'attention et donner des résultats constamment meilleurs. C'est ainsi encore que, dans la mesure de la sensibilité cutanée à l'écartement de deux contacts, un sujet peut accuser le dédoublement des contacts

pour des intervalles de plus en plus petits parce qu'il apprend à interpréter les caractères de la sensation globale de contact, qui varient avec leur écartement. Au contraire, avec les sensations pures, on n'obtient pas de progrès éducatif, et l'éducation est un signe de complexité du processus étudié.

L'effet inverse, qui entraîne des résultats plus mauvais au fur et à mesure des recherches, est un signe de fatigue, soit fatigue réelle de l'attention, soit ennui et lassitude de l'effort volontaire, susceptibles d'être combattus et vaincus par des stimulations bien choisies.

La décroissance des résultats au fur et à mesure des épreuves, malgré les stimulations employées, permettra, surtout lorsqu'on fera appel à des épreuves réellement fatigantes, d'apprécier la fatigabilité individuelle.

Des mesures de seuils sensoriels, des temps de réaction de choix complexes, seront particulièrement aptes à cette détermination : Les croissances des temps moyens des réactions pris de dix en dix, les élévations des seuils pour l'intensité des sons ou pour les pressions cutanées, donneront des courbes de fatigue croissante.

Dans ces courbes, la fatigue sera fonction, tout d'abord d'un coefficient propre de fatigabilité du sujet, et aussi de l'intensité de l'effort initial. Si l'effort primitif d'attention n'a pas été très grand, les résultats se maintiendront assez longtemps à un taux uniforme, et il y aura là un signe que le sujet n'a pas donné le maximum d'effort dont il était susceptible, tout comme dans la mesure dynamographique des

efforts musculaires où la chute n'est rapide que si la contraction est maxima au début.

III. — *La recherche des seuils sensoriels.* — Lorsqu'on effectue des mesures de sensations, on détermine, ou bien la plus petite excitation susceptible de provoquer une sensation, ou bien la plus petite différence entre deux excitations, qui soit susceptible de provoquer une différenciation de deux sensations.

Ce sont là deux mesures de ce que l'on appelle des « seuils », seuils absolus ou seuils différentiels.

Les seuils absolus ne peuvent être considérés comme atteints que lorsque le sujet a accusé une sensation pour l'excitation minimale à plusieurs reprises ; en effet, si les réponses se faisaient au hasard, on pourrait croire, à la suite d'une simple coïncidence, à la réalité d'une sensation provoquée. D'autre part, si l'on attend d'avoir atteint le seuil de certitude, lorsque le sujet accuse un grand nombre de fois, sans aucune erreur, la sensation provoquée par l'excitation minimale, on risque de déterminer le seuil beaucoup trop haut, à cause des oscillations de l'attention, qui peuvent entraîner des erreurs passagères.

Il semble qu'on puisse, sur un total de huit à douze épreuves, considérer le seuil atteint lorsque les réponses exactes se produisent au moins dans les trois quarts des cas, soit six fois sur huit ou neuf fois sur douze.

Mais, si l'on obtient quatre fois de suite des réponses exactes, il y a déjà de très grandes probabilités pour qu'on ait atteint le seuil cherché, et l'on peut alors pratiquement s'en tenir là.

Il en est de même pour les seuils différentiels, particulièrement délicats à mesurer. Ces seuils, qui impliquent une comparaison de deux sensations et un jugement de différence, devraient théoriquement se déterminer au moyen de deux excitations différentes et simultanées, sans quoi le sujet est amené à comparer une sensation et une image[1]. C'est aussi ce que nous avons visé à réaliser toutes les fois que cela nous a été possible. Pour la vision, il peut y avoir simultanéité de présentation dans le champ visuel, d'où, pour le sujet, la possibilité d'une série de visions alternatives, successives il est vrai, mais séparées par un intervalle de temps de l'ordre de quelques centièmes de seconde, négligeable étant donnée la persistance des phénomènes sensoriels. Mais il y a des cas où il est malheureusement impossible de réaliser une simultanéité entière ou approchée ; parfois cette impossibilité est matérielle comme dans le cas de sensations de contact en un point donné de la peau qui ne peuvent que s'y succéder[2] ; le plus souvent l'impossibilité est due à des raisons psychologiques, comme pour la comparaison de sons de hauteurs différentes où la simultanéité peut entraîner des battements ré-

1. Il faut d'ailleurs noter que la comparaison simultanée peut être moins fine que la comparaison successive, comme Mac Dougall l'a constaté pour les intensités lumineuses. Deux sensations agissant simultanément exercent en effet l'une sur l'autre une influence inhibitrice comme l'ont montré les remarquables travaux d'Heymans.

2. Mais on pourrait encore, si l'on a deux régions cutanées d'égale sensibilité, comparer les sensations provoquées par les deux excitations différentes portées sur leurs surfaces respectives ; seulement la division de l'attention peut rendre moins exacte la comparaison.

vélateurs — par les simples variations qu'ils provoquent — d'une différence de hauteur qui peut fort bien n'être point perçue comme telle. De même encore si l'on fait comparer, l'une au-dessus de l'autre, deux lignes de longueur inégale, ou, évoluant parallèlement, deux excitations sensorielles d'inégale durée, la comparaison s'effectuera par la perception de la longueur dont une des lignes dépassera l'autre, ce qui dépend de l'acuité visuelle, ou de la durée dont une excitation survivra à l'autre, ce qui dépend seulement du seuil absolu de perception de la durée.

On est donc forcé dans ces cas d'éloigner les lignes à comparer dans l'espace, d'éloigner les durées à comparer dans le temps. Dans les deux cas, on entraîne une comparaison successive, qui seule permet la détermination du seuil différentiel. Mais il est certain qu'on doit faire appel à une succession aussi rapide que possible pour ne pas donner dans cette comparaison un rôle trop important à la persistance des images, à la mémoire.

Enfin il y a à envisager une dernière question générale relative aux seuils : Il n'est pas indifférent de déterminer la valeur d'un seuil absolu ou d'un seuil différentiel, en partant d'une excitation nettement perçue, ou différenciée d'une autre, pour descendre jusqu'au point où cesse la perception exacte, ou au contraire, en partant d'une excitation incapable de provoquer la perception cherchée, pour monter jusqu'au point où apparaît cette dernière. Les valeurs des seuils déterminés de ces deux manières ne coïncident pas. De même qu'il se produit des surfusions quand on refroidit des solutions, et qu'on dépasse le

point de solidification avant que cette dernière se produise, de même, en physiologie, on peut dépasser le seuil véritable d'excitation avant que la réaction apparaisse. C'est un fait constatable dans l'excitation électrique des muscles et des nerfs, et il ne faut pas s'étonner de le rencontrer en psychophysiologie sensorielle. Le seuil véritable est-il donné par la marche descendante à partir d'une valeur supérieure au seuil ? mais peut-être y a-t-il là encore un phénomène analogue à la surfusion et descend-on au-dessous du seuil réel. La valeur la plus probable paraît devoir être donnée par une moyenne des deux valeurs obtenues par ces méthodes inverses [1].

B. — *Les causes d'erreur dans la recherche.*

I. — *La dissociation des facteurs.* — Une des grosses difficultés de la psychologie expérimentale, c'est de mesurer exactement ce que l'on désire, et de ne pas mesurer un complexus où le facteur visé est masqué par un grand nombre d'autres. Il faut isoler les phénomènes à étudier, non pas en les séparant des autres comme on peut étudier un cœur de grenouille isolé après l'avoir excisé, car cette méthode n'est guère possible en psychologie, ni même en général

1. Il semble qu'en augmentant l'excitation jusqu'à atteindre le seuil de la réaction, il y ait une inertie à vaincre du mécanisme récepteur, ce qui implique une dépense supplémentaire d'énergie. En tout cas on ne peut voir là comme certains auteurs, tels que Michotte, un phénomène de suggestibilité ; car c'est un fait de physiologie générale ; mais la suggestibilité peut jouer un rôle accessoire et accroître en apparence le phénomène

en supprimant les autres, sauf parfois pour des sensations à dissocier, dont on peut faire disparaître certaines, par l'anesthésie[1].

Mais, en rendant constants tous ces phénomènes dont on veut éliminer l'action, on peut étudier les variations, d'un sujet à l'autre, ou d'un moment à l'autre chez un même sujet, du facteur dont on veut connaître l'influence. C'est ce que nous avons tâché de faire dans la mesure du possible. Et, d'une manière générale, il faut éviter tous les facteurs de perturbation : le sujet ne doit pas voir les manipulations qui lui permettraient de deviner quelle sorte d'excitation est porté sur lui, soit qu'on opère à l'obscurité dans une chambre noire[2], soit qu'on bande les yeux du sujet, soit qu'on dissimule à sa vue derrière un écran les objets des manipulations préparatoires.

II. — *La suggestibilité et la simulation.* — En dehors des cas où, par la vue ou l'ouïe le sujet devine l'excitation qui va lui être portée, il y a bien des circonstances où il est induit à croire que les choses se passeront d'une façon ou d'une autre, et à répondre selon ses impressions dont il a ou n'a pas pleine conscience. L'expérimentateur doit, bien entendu, évi-

1 En anesthésiant la peau on peut déterminer le seuil absolu de la sensibilité kinésique des doigts pour le soupèsement des poids. L'acide gymnémique exerce une action élective sur les sensations du goût, abolissant certaines (l'amer et le sucré), en respectant les autres (l'acide et le salé), etc.

2 A la chambre noire, pour les expériences visuelles où l'on escompte l'adaptation oculaire à l'obscurité, les manipulations devront se faire sans éclairer les yeux du sujet ; on pourra, si l'on veut voir clair, utiliser une lampe électrique de poche, en recouvrant la tête du sujet pendant ce temps avec un voile noir opaque.

ter de suggestionner son sujet par la manière de poser les questions ou le ton de la voix — à moins qu'il ne veuille justement étudier cette suggestibilité — ; et il doit dépister les autosuggestions qui font croire à un sujet qu'il perçoit une excitation qui reste en réalité sans effet. Il faut d'autre part qu'il évite le piège d'une simulation plus ou moins habile, d'un sujet qui veut faire preuve d'une supériorité à laquelle il n'a point droit.

En posant des questions sur les effets d'une excitation que l'on s'abstient d'exercer, ou sur les différences de deux excitations qu'on réalise identiques, on peut déceler ces causes d'erreurs très graves, qu'il faut combattre victorieusement, sous peine d'annuler les expériences effectuées dans ces conditions.

Nous n'avons pas manqué d'indiquer à maintes reprises les moyens pratiques de dépister l'autosuggestion et la simulation. Quant à l'hétérosuggestion que pourrait exercer l'expérimentateur, nulle recette certaine ne peut l'éviter !

C. — *Les résultats de la recherche.*

I. — *Les chiffres.* — Lorsqu'après avoir déterminé un objet de recherche on a accompli les expériences nécessaires en évitant les écueils nombreux qui se présentent sur ce terrain, on note les résultats que l'on a obtenus, résultats qui sont généralement numériques.

Le prestige des chiffres est très grand, mais il n'est

pas sans danger, et il ne faut pas croire sa besogne achevée quand on a aligné des tableaux de chiffres très nombreux.

Le chiffre précise quelque chose, mais il faut connaître ce quelque chose qu'il est chargé de préciser ; le chiffre n'a aucune valeur par lui-même, il illustre peut-on dire un phénomène qui prend avec lui une détermination quantitative plus exacte, mais c'est le phénomène qui est le plus important, non son évaluation numérique.

Aussi, s'il est utile et même nécessaire de donner toujours, comme un appendice de documentation, tous les résultats numériques de ses recherches, ce qu'il faut avant tout, c'est dégager ce qui ressort de ces résultats, ce qui trouve confirmation dans les chiffres expérimentaux.

Et il ne faut pas faire dire au chiffre plus qu'il ne comporte et se défier en particulier d'un excès de précision apparente. A quoi bon donner, comme on le fait en Allemagne parce que le chronoscope de Hipp permet de le mesurer, le millième de seconde dans la mesure des temps de réaction, alors que les multiples causes d'erreurs expérimentales atteignent facilement le centième de seconde, qui constitue la seule unité valable de mesure.

Il est absurde de déterminer des nombres avec cinq ou six décimales quand on n'est sûr que de la troisième ; il ne l'est pas moins d'exprimer une mesure en millièmes de seconde quand on n'est à peu près sûr que du centième.

Il faut que la précision apparente du résultat soit en rapport avec la précision réelle de la recherche, et

on doit éviter soigneusement tout ce qui peut ressembler à un bluff scientifique.

II. — *L'utilisation des chiffres et des autres données obtenues.* — Nous traiterons assez en détail dans la dernière partie du livre du calcul des moyennes et de l'utilisation des résultats numériques, en particulier pour la comparaison des groupes ou le calcul des corrélations. Mais on doit tenir compte le plus possible, dans les résultats que l'on signale, non seulement des chiffres obtenus, mais des données qui peuvent être fournies par l'observation extérieure du sujet, et les renseignements que ce dernier peut fournir, l'analyse qu'il pourra donner de ses impressions subjectives au cours des expériences, sont souvent fort utiles et fort instructives pour l'expérimentateur.

L'expérimentation psychologique, telle que nous allons la décrire dans cette technique, constitue en effet un procédé essentiel d'investigation, mais ce n'est pas un procédé unique, et ses à-côté ne sont pas négligeables, quand on veut utiliser les résultats qu'il a permis d'obtenir.

TECHNIQUE

DE

PSYCHOLOGIE EXPÉRIMENTALE

PREMIÈRE PARTIE

MESURE DES PHÉNOMÈNES SENSORIELS ÉLÉMENTAIRES

CHAPITRE PREMIER

MESURE DES SENSATIONS CUTANÉES

Les diverses excitations reçues par les surfaces tégumentaires, peau et muqueuses, et groupées souvent sous la dénomination générale de « tact », donnent en réalité naissance à des séries de sensations spécifiquement distinctes et qui doivent dès lors être étudiées séparément : en particulier, il faut rappeler que les sensations de contact se ramènent à des sensations de pression, car, avec des pressions faibles, ces contacts ne sont aucunement perçus.

1. — Sensations de pression.

Ces sensations doivent être étudiées non pas d'après

l'appréciation de l'unité ou de la dualité de contacts exercés par deux pointes à intervalles plus ou moins rapprochés, appréciation qui est complexe et que nous envisagerons ultérieurement, mais d'après l'appréciation de l'existence d'un contact provoqué par une pression de valeur connue sur une surface constante du tégument, surface suffisamment petite.

Un esthésiomètre souvent employé dans ce but est celui de FREY, composé de cheveux ou crins plus ou moins fins montés dans un tube capillaire d'où ils peuvent sortir sur une plus ou moins grande longueur, de pointe mesurée, s'il y a lieu après affinage et qui, au moment où ils plient, exercent une pression empiriquement mesurable.

Des conditions de mesure plus rigoureuses sont assurées par l'emploi des aiguilles haphiesthésimétriques de TOULOUSE et VASCHIDE, qui ne sont pas soumises, comme les cheveux, à des variations d'origine hygrométrique, dont la composition est définie, et qui ne sont pas altérables comme la matière organique capillaire :

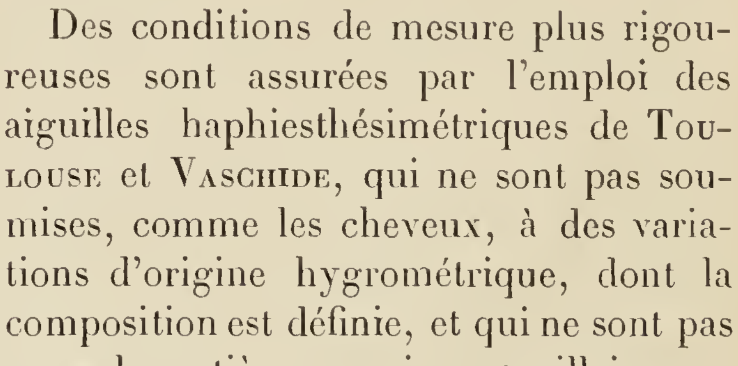


FIG. 2. Esthésiomètre de Von FREY.

Le principe de notre méthode est de mesurer le mode de sensibilité avec des corps pointus et rigides qui n'exercent qu'une pression égale à leur propre poids.

Ces corps sont des aiguilles en acier trempé, dont les extrémités sont des surfaces circulaires ayant 0mm,1 de diamètre[1] et dont les poids différents, donnés par

1. Il faut choisir une suface arbitraire, parce qu'il est impossible

le diamètre et la longueur, sont parfaitement déterminés ; quelques aiguilles, pour les poids les plus légers, ont dû être faites en aluminium.

Les aiguilles, dont la tête est en aluminium ou en cuivre, traversent un trou percé dans une petite bande d'aluminium et plus grand que leur diamètre. Lorsqu'on dépose, sans vitesse appréciable, la pointe d'une aiguille tenue verticalement sur un point cutané et que l'on abaisse la plaque d'aluminium jusqu'à ce que l'aiguille soit maintenue dans son milieu, cette dernière n'exerce qu'une pression très sensiblement égale à son poids[1].



Fig. 3. Aiguille haphiesthésimétrique de Toulouse et Vaschide.

Les aiguilles sont divisées en trois séries. Dans la première, elles croissent de $0^{gr},0005$, en partant de $0^{gr},0005$ jusqu'à $0^{gr},01$; dans la deuxième, elles croissent par centigrammes, de

de déterminer une surface en rapport avec les zones anatomiques innervées par des terminaisons sensorielles isolées, ces zones étant éminemment variables d'un individu à l'autre. On pourrait, avec des aiguilles de surface d'application croissante, étudier l'influence de la surface.

A cet égard, Von Frey a établi que la pression ne devait pas être divisée par la surface d'application pour permettre de déterminer son efficacité, rapport simple qui n'est vrai que pour les excitations algiques. La pression doit être divisée par le rayon de section de la surface. Aussi, lorsque la surface augmente, le poids a besoin de croître bien moins vite pour continuer à exercer la même action (déterminée par le seuil). Cette loi, $\frac{P}{r(s)}$ est celle de la pression en milieu visqueux à une certaine profondeur, d'où on conclut que les terminaisons pour la pression sont assez profondes.

1. Cette pression se mesure, ce qui permet une vérification très précise, sur le plateau d'une balance très sensible.

0gr,01 à 0gr,10 et dans la troisième, elles croissent par décigrammes, de 0gr,1 jusqu'à 1 gramme.

Pour les cas pathologiques, on peut employer des aiguilles plus lourdes.

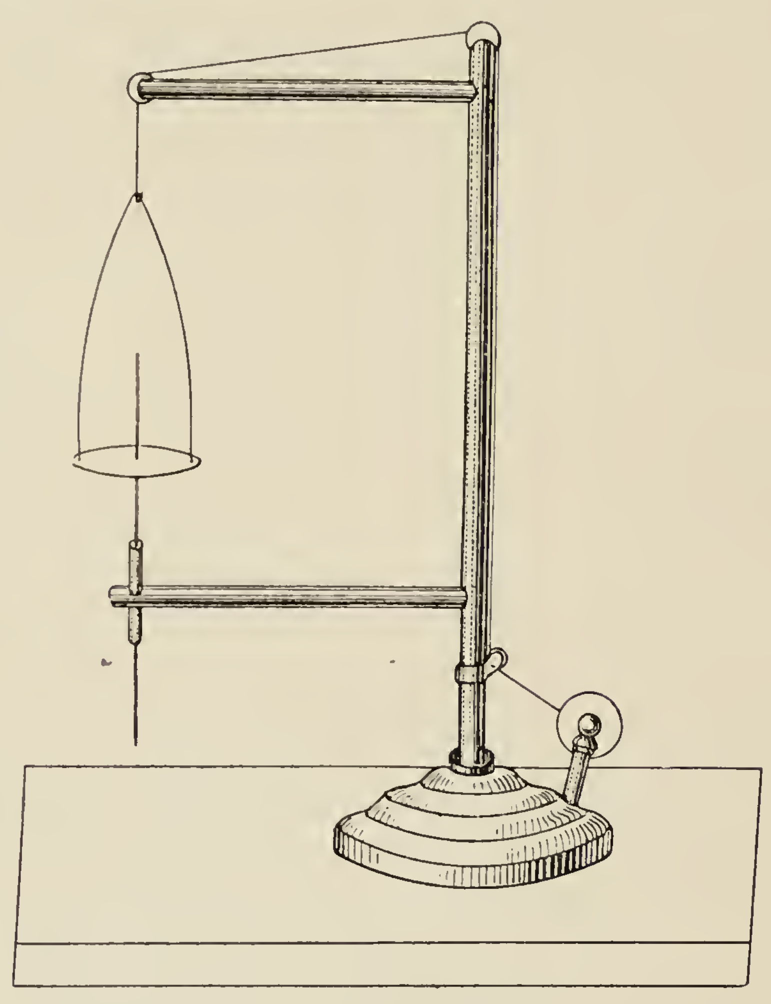


Fig. 4.
Aiguille esthésiométrique de Beaunis.

L'acuité de la sensibilité à la pression est donc mesurée par le poids de la plus petite aiguille en acier, dont la pointe a un diamètre de 1/10 de millimètre, et qui, préalablement chauffée à la température de la surface cutanée ou muqueuse du sujet et déposée ver-

ticalement, sans vitesse appréciable sur cette surface, au moyen d'un tuteur métallique qui permet à l'aiguille de n'exercer qu'une pression égale à son propre poids, éveille une sensation de contact.

Un principe très analogue avait été utilisé par Beaunis pour la construction d'une aiguille unique, suspendue par un fil et qu'on pouvait faire descendre sur la peau, en la maintenant en équilibre au moyen d'un tube vertical dans lequel elle glissait ; on graduait sa pression en mettant des poids sur un plateau. Mais l'appareil était assez peu maniable, les poids déplaçaient le centre de gravité de l'aiguille, et il se produisait des frottements et des coinçages dans le tube de glissement. Enfin pour les mesures de seuil absolu les poids les plus petits étaient encore trop élevés pour certaines régions. Il n'a guère été employé.

Technique. — Voici quelques conseils sur la technique à suivre ; leur précision pourra paraître parfois exagérée ; mais il faut toujours s'efforcer d'atteindre une précision extrême, car en pratique on n'y arrive jamais absolument, et d'autant moins qu'on se contente d'un idéal moins strict. Si l'on veut obtenir une mesure unique, telle qu'elle soit comparable chez tous les sujets étudiés, on procèdera ainsi :

Le sujet étant commodément installé dans une position définie, on marque sur une partie de la peau (la main chez tous les sujets), de préférence sur la face antérieure du poignet[1], dont la peau est fine et

1. Il faut, pour les expériences employant une main du sujet, choisir la gauche chez les droitiers, la droite pour les gauchers, l'une ou l'autre, de préférence la gauche, pour les ambidextres vrais, si l'on en rencontre. Mais dans les moyennes de séries, il ne serait pas légitime de rapprocher les gauchers et les droitiers.

dépourvue de poils, un cercle avec un timbre en caoutchouc qu'il est facile de faire faire des dimensions voulues : ce cercle doit être de 2 millimètres de diamètre au maximum et ne comprendre aucun poil. Dans le cas où des poils des régions avoisinantes seraient assez fournis pour couvrir la zone en question, il faut les couper tout autour.

Le cercle sera placé au niveau du semi-lunaire du poignet, sur la ligne qui va du scaphoïde au pyramidal.

On bande les yeux du sujet, on immobilise sa main sur une table recouverte d'un feutre (éviter les corps qui, bon conducteurs, refroidissent la main) et on lui adresse des paroles déterminées :

« *Faites attention, on vous touchera de temps en temps le dos du poignet avec quelque chose de très léger ; il est facile de se tromper ; prenez garde de répondre : Oui, toutes les fois que vous croirez sentir que l'on vous touche ; vous n'avez qu'à vous laisser aller à vos impressions immédiates.* »

On observe un ordre d'expériences préalablement établi et constant pour tous les sujets. Toutes les 10 secondes, sauf une fois sur trois ou quatre, on exerce un attouchement, en commençant par les aiguilles les plus légères et en remontant au fur et à mesure.

Chaque fois, on dit : « *attention* » au sujet, et, aussitôt après on demande : « *Avez-vous senti ?* », et lorsque l'on n'exerce pas d'attouchement, au bout de deux ou trois fois, on pose la même question pour déceler les erreurs de suggestibilité ou la fraude. Si le sujet répondait toujours : *oui*, on le préviendrait que de temps

à autre la question serait posée en l'absence de tout contact.

Lorsque le sujet répond : *oui* pour une aiguille donnée, on reprend les attouchements avec cette aiguille en posant fréquemment la question en l'absence d'attouchement, suivant une périodicité irrégulière[1], cinq fois sur dix environ. Si les réponses sont constamment correctes, on a atteint, sinon dépassé, le seuil de la sensation tactile. On peut alors redescendre à l'aiguille précédente pour déterminer si l'on n'avait pas dépassé le seuil, qui sera mesuré par le poids de la plus petite aiguille ayant provoqué la sensation de contact, soit de façon constante (seuil de certitude), soit dans trois quarts au moins des cas.

Il ne faut pas oublier qu'au cours de ces expériences l'attention du sujet se fatigue. Aussi est-il nécessaire de ne pas faire plus d'une minute ou deux d'attouchements consécutifs, et de donner de temps à autre quelques minutes de repos. Ces repos devront être d'autant plus fréquents et d'autant plus longs qu'on aura affaire à des sujets plus instables (enfants, certains malades en particulier).

En outre, avant de commencer les expériences, on doit s'assurer, avec des aiguilles assez lourdes et très légères, que le sujet répond correctement et qu'il a compris[2].

1. Par exemple en désignant par *a* l'attouchement et par *n* l'absence d'attouchement : *a* — *n* — *n* — *a* — *n* — *a* — *a* — *n* — *n* — *a*.
2. Ces conseils techniques sont valables pour toutes les autres expériences, toutes analogues et parallèles. Aussi ne les répéterons-nous pas.

Le maniement des aiguilles haphiesthésimétriques est assez délicat et il faut faire la plus grande attention à certaines causes d'erreur.

On prend l'aiguille par son support, souvent très petit, entre le pouce et l'index, on appuie son bras et, en prenant bien garde de n'avertir le sujet par aucun contact ni aucun bruit de ses mouvements, on approche très lentement l'aiguille [1], au moment indiqué par le chronomètre. Si l'on posait l'aiguille brusquement, on exercerait une pression plus grande, par suite de la vitesse de chute, et l'on appliquerait mal l'aiguille.

En approchant, on tient l'aiguille *perpendiculairement* à la peau : si l'aiguille devient oblique, elle frotte contre les parois du trou de glissement et exerce une pression supérieure de ce chef. L'aiguille bien posée doit remonter légèrement au-dessus du trou et rester perpendiculaire : il faut prendre bien garde qu'elle ne heurte pas le plafond qui surplombe la tête de l'aiguille, car alors on exercerait avec la main une pression nouvelle ; le regard doit donc toujours suivre l'aiguille sous l'incidence rasante, de côté. La position la meilleure consiste à se tenir assis en contrebas, ou à mettre un genou en terre, le coude appuyé sur la table où la main du sujet est posée ; pour s'assurer de la perpendicularité, il faut regarder la tête de l'aiguille et, par des directions diverses du regard, se rendre bien compte que la descente n'est pas oblique.

1. Il est bien entendu qu'on doit absolument n'effleurer aucun poil. Nous avons déjà dit qu'il fallait, s'il y avait lieu, en débarrasser les environs de la zone d'expérience.

L'aiguille doit être maintenue un temps déterminé et toujours identique sur la peau : une seconde environ.

Une précaution que l'on peut prendre, c'est de maintenir les aiguilles dans une *étuve sèche* à 38° durant tout le temps de l'expérience ; de cette manière, au moment de l'attouchement, l'aiguille se trouve être à une température voisine de celle de la peau [1].

Dans ce cas, l'expérimentateur, bien qu'il puisse s'en passer à la rigueur, a besoin d'un aide qui lui prépare et lui passe les aiguilles dans l'ordre déterminé par l'expérience.

Mais, dans les cas ordinaires, on ne constate pas de production de sensation thermique de froid précédant ou accompagnant la sensation de contact, sauf lorsqu'on explore les muqueuses.

2. — Sensations de température.

Lorsqu'une goutte d'eau distillée, ou d'eau physiologique, est déposée sur la peau à la même température que la surface cutanée, elle ne provoque aucune sensation. Aussi est-il naturel de faire plutôt appel à ce mode d'excitation qui, lorsqu'il éveillera des sensations thermiques, n'éveillera qu'elles.

Le thermo-esthésimètre que nous proposons est donc fondé sur l'emploi de la goutte d'eau.

1. Il faut prendre garde de ne pas laisser se rouiller les aiguilles d'acier de la série lourde. L'acier pourrait d'ailleurs peut-être se remplacer par du nickel, ou tout au moins être nickelé.

Il consiste en un entonnoir métallique à double paroi, et entre les deux parois duquel circule une résistance électrique destinée à provoquer le chauffage suivant les méthodes habituelles au moyen du passage d'un

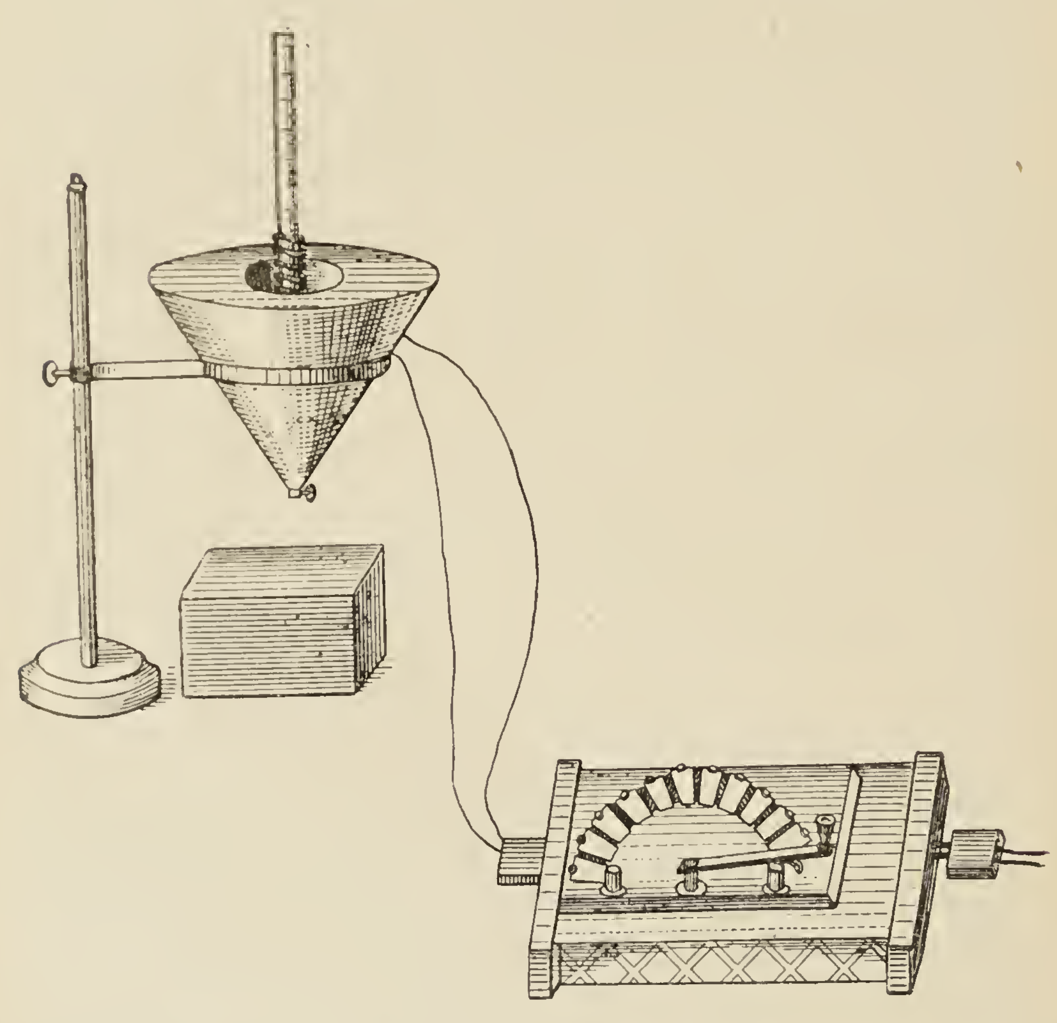


Fig. 5. — Thermo-esthésimètre de Toulouse et Piéron.

courant. L'extrémité de l'entonnoir est tronquée et se termine par une ouverture calibrée et un robinet de réglage pour l'écoulement des gouttes d'eau distillée qui ont à 15° un poids de $0^{gr},10$.

Un thermomètre plonge dans l'entonnoir, l'extré-

mité du réservoir se trouvant au-dessus du niveau de l'ouverture, et un agitateur hélicoïdal entourant le thermomètre permet de rendre la masse d'eau homogène au point de vue thermique. Un écran de carton est placé à la base de l'entonnoir, avec un orifice pour le passage des gouttes.

Les gouttes sont directement déposées sur la peau de telle sorte que la déperdition thermique aussitôt leur sortie du récipient soit extrêmement réduite, surtout avec le volume assez considérable de la goutte. Cette déperdition est beaucoup trop considérable lorsque le dépôt de la goutte se fait avec une pipette, un intermédiaire quelconque ; même dans ce cas elle est encore appréciable, et il faut tenir compte des corrections à apporter de ce chef ; ou plutôt suivant la courte déperdition en fonction de la différence des températures de l'eau et de l'air extérieur, on élève la température de l'eau d'une valeur égale à celle de la déperdition au dessus de la température que l'on veut obtenir au contact de la peau, les conditions techniques étant toujours rigoureusement les mêmes, conditions techniques que nous exposons plus loin.

Nous avons établi expérimentalement, pour un thermo-esthésimètre de ce modèle, la courbe de la déperdition au bout d'un temps fixe d'une demi-seconde en fonction de la température initiale, mesurée non en valeur absolue mais en excès par rapport à la température extérieure.

Cette courbe peut être interpolée par la formule suivante :

$$d = \frac{t^2}{K}$$

où *d* est la déperdition, en degrés et fractions de degrés, *t*, la température initiale, en degrés (excès de la température absolue sur la température extérieure) et K une constante qui, d'après nos expériences, s'est trouvée égale à 825.

Nous obtenons ainsi, pour une température extérieure de 15°, les chiffres suivants pour des températures absolues de 60°, 45° et 30°

$$45^\circ\ (60^\circ - 15^\circ) \qquad d = \frac{(45)^2}{825} = 3^\circ$$

$$30^\circ\ (45^\circ - 15^\circ) \qquad d = \frac{(30^2)}{825} = 1^\circ{,}09$$

$$15^\circ\ (30^\circ - 15^\circ) \qquad d = \frac{(15)^2}{825} = 0^\circ{,}27$$

Les chiffres observés correspondants étaient 3°, 1° et 0°,3, avec des incertitudes d'observation atteignant un dixième de degré.

Il sera bon, avec chaque appareil, de calculer la constante K en faisant ou en faisant faire (avec une aiguille thermo-électrique) une ou deux mesures de la déperdition, au bout de ce temps; si on employait d'autres temps de chute cette mesure serait absolument nécessaire.

L'appareil peut encore être employé, même lorsqu'on ne dispose pas d'électricité : pour obtenir la température voulue, on procède à un mélange d'eau froide et d'eau très chaude en agitant constamment jusqu'à ce que, par tâtonnement, on obtienne au thermomètre le nombre de degrés cherché.

Lorsqu'on dispose du courant, le chauffage s'effec-

tue électriquement et l'on secoue aussi l'agitateur hélicoïdal pour rendre la masse d'eau homogène. L'eau relativement froide s'obtient également par chauffage, la température extérieure atteignant rarement la valeur de la température cutanée. Pour avoir des températures plus basses, on peut procéder par le mélange d'une eau glacée (obtenue par fusion de la glace) et d'une eau relativement chaude, ce qui évite l'emploi d'un deuxième entonnoir thermoesthésimétrique. Ou bien on emploie un deuxième entonnoir identique au premier, sauf en ce qui concerne les doubles parois, plus écartées et entre lesquelles on place un corps réfrigérant par évaporation, tel que l'éther, par quantités progressives, jusqu'à ce qu'on obtienne la température voulue.

Le thermomètre doit avoir un tube capillaire très fin sur une grande longueur et un réservoir très mince, de telle sorte que les températures basses se trouvent au-dessus du niveau d'affleurement des bords supérieurs des parois de l'entonnoir.

On peut ainsi explorer les sensations thermiques provoquées pendant un temps très court sur des surfaces relativement petites, d'environ six millimètres de diamètre[1].

Pour étudier des surfaces plus considérables, si l'on explore les membres, il n'est nul besoin d'un appareil spécial, et la manière d'opérer est simple.

Il suffit de faire chauffer au bain-marie de l'eau

1. Avec des gouttes plus petites, ayant une moindre surface de contact, on pourrait explorer des régions plus limitées ; on pourrait même, en variant la grandeur des gouttes rechercher l'influence de la surface ; mais la méthode serait peu pratique.

physiologique (à 8 grammes pour 1 000 de chlorure de sodium) dans des vases de forme appropriée, et de faire pénétrer le doigt par exemple, ou la main, ou le bras[1] dans l'eau du récipient qui, à même température que la surface cutanée, n'est pas perçue, sauf, si la pénétration n'est pas très lente, par le déplacement des poils.

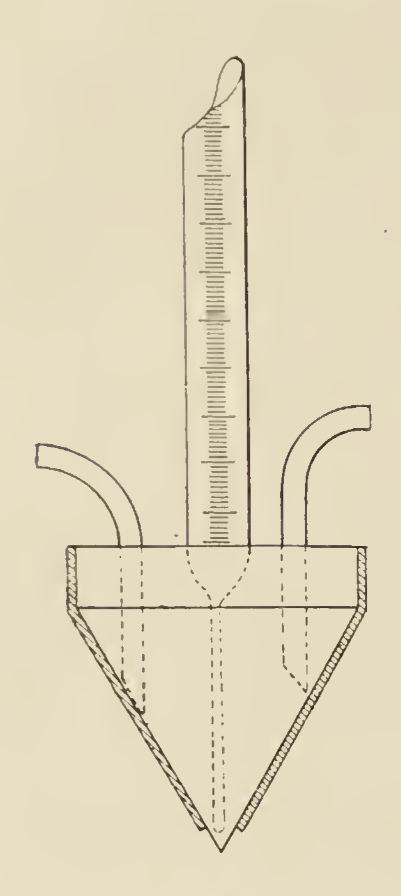


Fig. 6. — Thermo-excitateur de Kiesow.

Pour étudier enfin des surfaces plus petites, il faut faire appel à un excitateur particulier tel que celui de Kiesow et qui consiste en un entonnoir d'étain avec tube d'écoulement réglable pour l'eau chaude et l'eau froide et thermomètre à fin réservoir passant à travers le couvercle de liège, l'entonnoir étant recouvert de gutta-percha sauf sa pointe très fine et qu'on met au contact de la peau en descendant l'appareil, monté sur pied, avec une crémaillère. Mais on n'échappe pas alors à l'écueil de la sensation double : de pression et de température.

1. Avec des volumes trop considérables, on peut avoir des sensations résultant de la poussée de l'eau.

Cette méthode (comme celle des gouttes) est d'ailleurs passible d'une objection théorique: l'eau est-elle sans action sur la sensibilité cutanée, par voie de modifications physiologiques du tégument ?

Un appareil de ce genre, avec surface variable de base, doit être employé aussi pour la mesure des sensations avec excitation prolongée, la goutte d'eau se mettant très rapidement en équilibre thermique avec le milieu et n'exerçant son excitation calorifique qu'à l'instant où elle est déposée.

— Mais un autre dispositif pourrait être encore plus satisfaisant, dont nous ne pouvons à l'heure actuelle qu'indiquer le principe : Si l'on concentre avec une lentille la chaleur émise par une surface donnée d'une source thermique à une température déterminée, on peut provoquer une excitation de chaleur réellement punctiforme[1].

Par un déplacement à crémaillère dans deux directions de l'espace de l'ensemble du dispositif, lentille et source de chaleur, on pourrait explorer point par point une surface plane de la peau, sans avoir aucune autre sensation simultanée, et en évitant toute action suggestive.

Quant à la mesure de la température provoquée ainsi par concentration de la chaleur rayonnante, on l'obtiendrait au moyen de la pile thermo-électrique, par comparaison avec des températures mesurables thermométriquement.

Les graduations s'obtiendraient facilement au moyen d'un diaphragme adiathermane (opaque pour les radiations thermiques), découvrant une plus ou moins grande surface du corps radiant, l'émission étant proportionnelle à la surface découverte quand la

1. On évite en effet toute action chimique possible sur la peau, autre que celle de l'excitant spécifique, la chaleur.

surface est diffusante. Comme surface diffusante, on emploiera la céruse[1] recouvrant une plaque métallique derrière laquelle sera une source quelconque de chaleur avec réflecteur projetant les radiations sur cette paroi diffusante.

Les méthodes optiques seront donc entièrement applicables avec cette méthode basée sur les rayons calorifiques, très analogues, comme on le sait aux rayons lumineux.

Une ouverture rapide d'un écran avec un dispositif fondé sur l'emploi d'un électro-aimant permettrait, comme pour la vision, d'établir la variation du seuil en rapport avec la durée de l'excitation, le seuil s'abaissant avec cette durée, jusqu'à une limite variable.

Technique. — Pour l'exploration de la sensibilité thermique d'une région cutanée, le premier point consiste dans la détermination de la température superficielle par rapport à laquelle seulement peuvent valoir les différences thermiques susceptibles de provoquer une sensation de froid ou de chaud. Dans ce but on applique sur la peau un thermomètre à maximum avec serpentin discoïdal très fin, s'équilibrant vite, pour la prise des températures cutanées ; on l'y maintient pendant 2 à 3 minutes pour être sûr que le maximum est atteint[2] ; on peut noter

1. Le pouvoir émissif de la céruse est en effet le plus grand (il est égal à 1, à 100°).

2. Il est préférable de ne pas prendre la température du point que l'on veut explorer mais de la région avoisinante, pour ne pas y provoquer les sensations thermiques dues au contact froid du thermomètre.

Une méthode nécessitant une instrumentation plus compli-

quelle est la température atteinte au bout d'une minute d'application, car l'élévation en degrés pendant ce temps rapportée à l'élévation totale donne une indication sur la rapidité avec laquelle la peau se met en équilibre thermique avec le milieu, et par conséquent sur sa perméabilité aux radiations thermiques, intéressante à rapprocher de la sensibilité correspondante.

Ceci fait, voici comment l'on peut procéder avec le thermo-esthésimètre : on chauffe l'eau qui y est contenue jusqu'à ce qu'on atteigne avec la correction que nous avons indiquée la température cutanée de la surface de la main que l'on veut explorer, par exemple la pulpe de l'index. La main est alors placée au-dessous de l'orifice de l'entonnoir, sur un coussinet d'ouate, que l'on élève jusqu'à ce que la surface de la peau ne soit plus qu'à huit ou dix millimètres au-dessous de l'orifice pour que la goutte puisse être déposée sans chute. On s'assure, en déposant une goutte, que celle-ci ne provoque aucune sensation ; puis on chauffe par étapes progressives, ou on laisse refroidir lentement l'eau dans l'entonnoir, suivant qu'on veut explorer la sensibilité au chaud

quée, mais plus rapide et plus commode, pour la prise des températures cutanées, est fondée sur l'emploi d'une aiguille thermo-électrique avec galvanomètre très sensible et shunt de dérivation gradué en températures par le constructeur ou par l'expérimentateur, la pointe de l'aiguille étant mise en contact avec la peau explorée, un autre aiguille étant placée au contact de la glace fondante, et l'expérimentateur n'ayant qu'à déplacer le curseur du shunt jusqu'à ce que l'aiguille du galvanomètre se trouve au zéro, ce qui ne nécessite qu'une manipulation de quelques secondes.

ou au froid. A chaque déplacement du niveau thermique d'un dixième de degré, on recommence à déposer une goutte sur la même surface en posant chaque fois la question de l'existence d'une sensation de chaud ou de froid, sans prévenir le sujet de celle qu'il ressentira. De temps à autre on pose la question sans déposer de goutte pour éviter les fraudes ou suggestions.

Pour faire écouler la goutte, on ouvre brusquement le robinet, et on le referme aussitôt. Il faut que la chute de la goutte, c'est-à-dire sa formation lorsqu'on ouvre le robinet et son détachement jusqu'au dépôt sur la surface cutanée dure une demi-seconde, temps pour lequel a été établie la courbe de décroissance en fonction de la température initiale. On recueille la goutte incomplète qui se forme après la chute de la première avec du papier filtre, et l'on peut dès lors recommencer [1].

Il est inutile de faire garder au sujet sa main sous l'appareil dans l'intervalle des expériences, et on peut lui faire remettre à chaque fois. Si l'on dispose de deux appareils, on peut, simultanément, explorer la sensibilité au chaud et au froid en procédant alternativement avec l'un et avec l'autre.

Le point important, dans la pratique des appareils, c'est de ne laisser la goutte qu'un temps très court et de demander au sujet l'impression ressentie aussitôt la question posée : L'évaporation produit en effet

1. Il est nécessaire de ne pas laisser pendre de goutte, car elle se refroidirait avant d'être déposée sur la peau du sujet lorsque la pression de l'eau, à l'ouverture du robinet, la ferait tomber.

très vite un refroidissement et une sensation corrélative. Une seconde après le dépôt de la goutte celle-ci doit être enlevée avec un peu de papier filtre et la peau bien séchée sans cependant qu'on la gratte. Et, entre deux expériences il faut laisser à la peau le temps de reprendre sa température, altérée momentanément par le dépôt de l'eau.

On arrive ainsi à déterminer le minimum perceptible pour le chaud et pour le froid. Pour la détermination du minimum différentiel, il est nécessaire d'employer deux thermo-esthésimètres, l'un maintenu à une température donnée et l'autre progressivement porté à une température supérieure ou progressivement ramené à une température inférieure. Étant données les modifications apportées par le fait du dépôt de la goutte d'eau, il est préférable de porter les excitations, non pas sur la même surface, mais sur deux surfaces immédiatement voisines.

La main étant convenablement placée, une goutte de l'appareil à température maintenue constante est déposée sur la moitié interne de la pulpe du médius droit. L'appareil éloigné rapidement et l'autre rapproché par un aide, pendant qu'on éponge la goutte avec un tampon d'ouate ou de préférence qu'on l'assèche avec du papier filtre, et une goutte est déposée sur la moitié droite de la pulpe du même doigt. Le sujet étant naturellement mis dans l'impossibilité de voir les manipulations, de temps à autre on remet l'appareil à température constante aussitôt enlevé, de manière à effectuer deux excitations identiques, ce qui permet de déceler la fraude ou la suggestion. On augmente progressivement la différence des deux

températures jusqu'à ce que, d'une façon constante, les réponses du sujet soient correctes : le minimum différentiel est alors obtenu.

Cette technique peut être employée avec l'appareil à pointe de KIESOW pour les excitations punctiformes.

Lorsqu'on veut explorer des surfaces plus considérables, voici comment l'on peut procéder : La température de la peau étant déterminée, on chauffe de l'eau physiologique au bain-marie dans deux cupules de porcelaine. Lorsque la température est atteinte, on constate que, si le sujet tient son index allongé et dirigé verticalement vers le sol, les autres doigts de la main droite étant repliés, l'on peut sans éveiller aucune sensation élever au-dessous du doigt le récipient jusqu'à ce que le niveau de l'eau atteigne l'articulation de la deuxième et de la troisième phalange. Puis le récipient est ôté, le doigt séché avec du papier filtre et l'on continue de le chauffer, pendant que l'autre refroidit. L'on procède de même à chaque variation d'un dixième de degré, la masse d'eau du bain-marie étant assez considérable pour que les variations soient lentes. On détermine ainsi le minimum perceptible ; pour la manière de poser les questions et les épreuves de suggestion, on procède comme précédemment. Pour le minimum différentiel, on a un récipient à température constante et l'autre à température progressivement variable, et l'on trempe chaque fois successivement l'index avec le récipient à température constante, puis, aussitôt, l'index étant essuyé et replié et le médius étendu, on trempe ce dernier doigt dans le récipient à température variable, jusqu'à ce que la différence des deux températures soit constam-

ment perçue ; la suggestion et la fraude sont décelées toujours de la même façon en employant pour les deux doigts le même récipient à température constante.

Plus encore que pour les surfaces très limitées, il faut attendre entre deux épreuves que la peau ait repris sa température, modifiée par l'action de l'eau.

3. — Sensations algiques.

Les sensations algiques cutanées présentent le caractère de pouvoir être provoquées par des excitations très variées : la pression et le pincement, la piqûre, le chaud et le froid, les décharges électriques. Et c'est justement cette particularité qui explique que l'on ait longtemps considéré la douleur comme une qualité sensorielle pouvant accompagner toute excitation violente et non comme une sensation définie, dont l'existence peut actuellement être considérée comme démontrée, en particulier par des faits nombreux de dissociation.

Ce qui reste encore obscur à l'heure actuelle, c'est l'identité ou la différence des sensations algiques dues aux divers excitants cutanés énumérés, car nous n'envisageons dans ce chapitre que celles-là et non celles d'origine profonde.

On a en effet cité des cas de dissociation où la douleur avait disparu pour les excitants thermiques et persistait pour les piqûres : il n'y avait que thermo-analgésie. Cela rend probable l'existence de deux classes au moins de sensations algiques devant être explorées.

séparément ; et il est même possible que la douleur électrique soit indépendante, mais aucun fait ne permet actuellement de l'affirmer.

En ce qui concerne la douleur par compression ou piqûre, il existe des algomètres ou algésimètres fondés sur l'emploi de l'un ou l'autre de ces excitants.

Par compression, au moyen de l'appareil de Mac Donald, on exerce avec une surface rugueuse circulaire de diamètre constant une pression croissante au moyen d'un ressort, jusqu'à ce que le sujet accuse une sensation pénible : en somme il s'agit d'un véritable sphygmomètre de Bloch dont on change simplement la surface de base. On ne peut guère utiliser cet algomètre que lorsque les surfaces cutanées se trouvent immédiatement au-dessus d'un plan osseux, sans quoi la pression exercée se perd dans la résistance plus ou moins élastique des muscles ou des viscères et l'on ne peut obtenir une compression cutanée mesurable et efficace. La méthode permet une exploration assez satisfaisante en revanche dans la région frontale, et en particulier au niveau de la tempe ; la main peut également convenir aux recherches en pressant sur le dos des métacarpiens, du deuxième, en particulier. On pourrait encore s'adresser à la rotule, à l'olécrâne, etc.

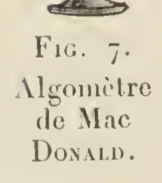


Fig. 7. Algomètre de Mac Donald.

L'algésimètre à pointe de Chéron permet une explo-

ration plus complète des différentes régions cutanées ; il consiste en une pointe que l'on peut faire saillir de sa gaine d'une longueur variable, mesurable en dixièmes de millimètre, et que l'on enfonce dans la peau qui se déprime, de cette longueur même, jusqu'à la gaine, en pressant suffisamment fort.

Mais cette méthode est passible de plus graves critiques. La gaine provoque une dépression de la peau et exerce une compression concomitante. Dans la dépression très variable qui se produit sous l'influence de la gaine et de la pointe, l'action de celle-ci devient inégale : si la peau est tendue et résiste, la saillie de la pointe sur une longueur très petite provoquera une sensation algique car les terminaisons sensorielles correspondantes sont très superficielles, tandis qu'il faudra découvrir la pointe sur une bien plus grande longueur lorsque la peau sera très dépressible. La douleur apparaît bien plus vite sur la peau du front où la dépression est arrêtée par le plan osseux sous-cutané que sur une autre région qui peut

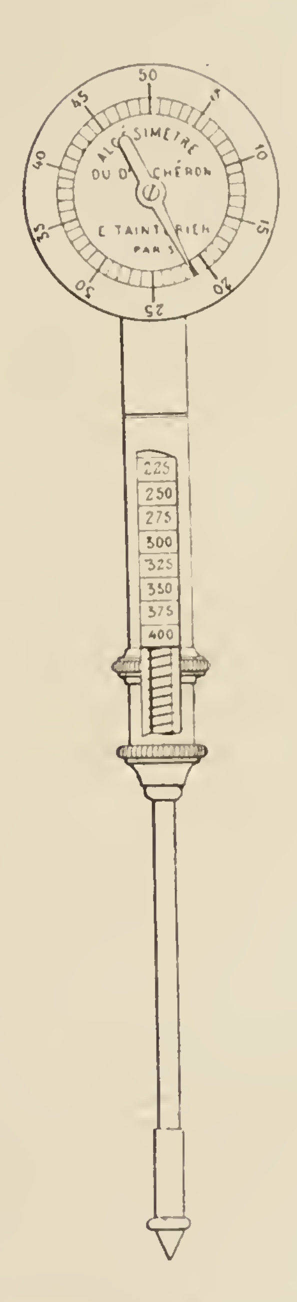


Fig. 8.
Algésimètre de Chéron.

être cependant plus sensible à la douleur. Enfin l'épaisseur de la peau ou sa fragilité empêchera ou favorisera la pénétration effective de la pointe, la piqûre.

Les résultats fournis par cet appareil peuvent donc être viciés et n'offrent aucune garantie.

C'est le principe de la compression qui nous paraît pratiquement le plus sûr, mais, pour permettre une exploration étendue, nous avons fait construire un *algo-esthésimètre* évitant les inconvénients que nous avons signalés pour l'appareil de Mac Donald, par la substitution à la compression sur plans sous-cutanés du pincement entre deux surfaces rigides.

Il s'agit de deux branches formant ciseaux, et se terminant chacune par un mors, surface rugueuse[1] de 10 millimètres sur 5 millimètres, soit de 50 millimètres carrés ou un demi-centimètre carré. Un ressort très faible, exerçant des pressions de l'ordre du gamme, maintient les deux branches en contact, l'une d'elles étant fixe, l'autre mobile. Les branches peuvent être ouvertes de 2 centimètres, et l'écartement est indiqué à la partie supérieure de l'appareil, — les mors étant placés en bas — par le déplacement de la branche mobile devant une règle divisée où les valeurs sont indiquées par dixièmes de millimètre.

Dans le cadre de l'appareil est percée une ouverture par où pénètre une tige qui pourra comprimer la tige de la branche mobile pour la repousser vers la branche fixe. On comprend dès lors que, si la pres-

1. Cette rugosité est obtenue par une série de stries d'une profondeur de 1 dixième de millimètre.

sion est exercée par l'intermédiaire d'un ressort, et

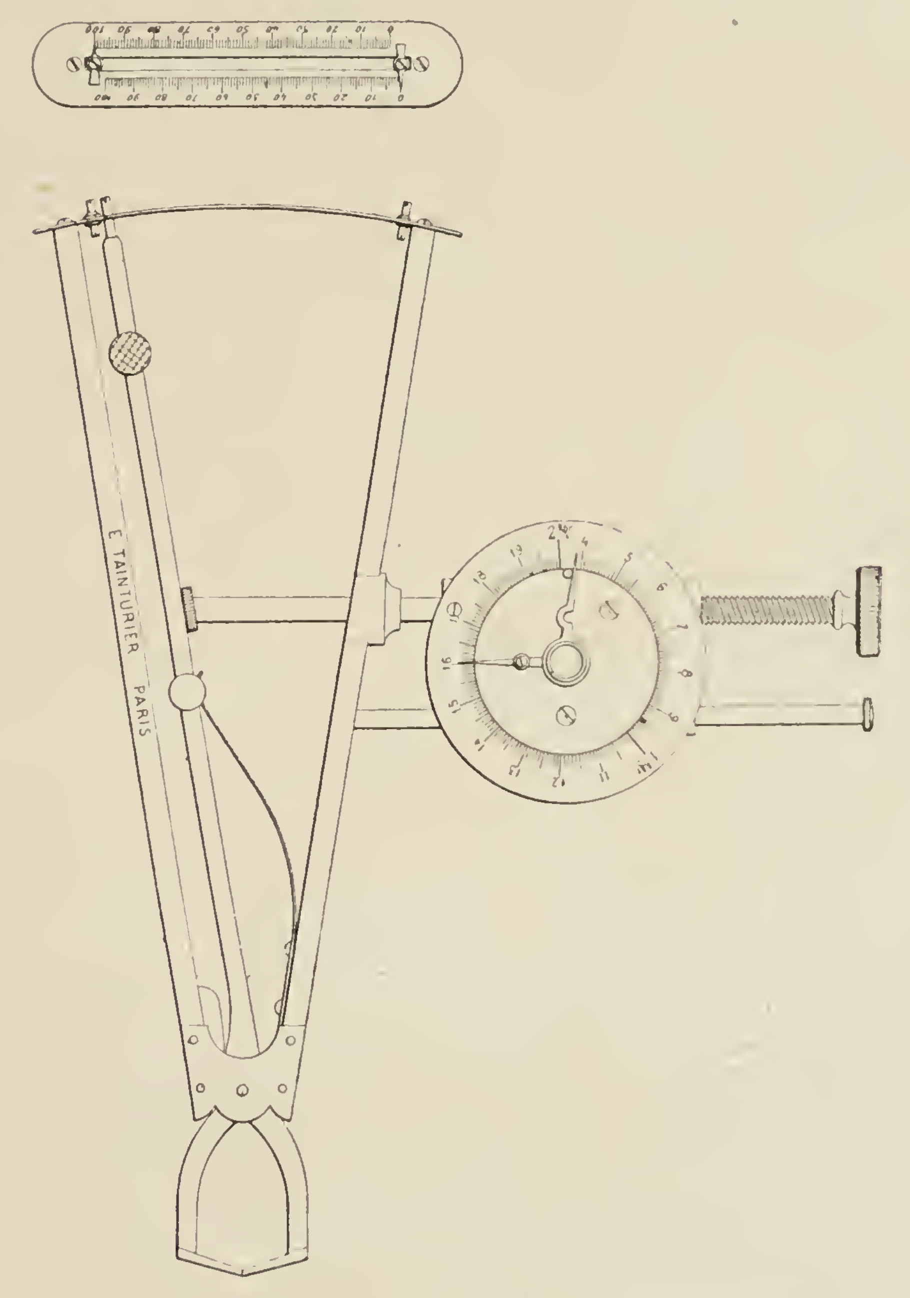


Fig. 9. — Algo-esthésimètre de Toulouse et Piéron.

un pli de peau étant maintenu entre les deux mors, on pourra connaître comme avec l'appareil de Mac

Donald la plus petite compression nécessaire de cette double surface cutanée pour provoquer la sensation de douleur ; les effets de la compression seront mesurés par la réduction de l'épaisseur en dixièmes de millimètre : dans ce but deux index sont déplacés par la branche mobile, chacune dans un sens ; l'un indique l'écartement au moment où le pli de peau est maintenu entre les mors sans compression, l'autre l'écartement encore constaté au moment de la sensation douloureuse ; la différence des deux valeurs indiquées par les index fournit la grandeur de l'écrasement cutané.

La compression peut se faire, soit avec la tige d'un sphygmomètre de Bloch, soit avec une tige également poussée par un ressort, mais qu'on comprime au moyen d'une vis ; dans ce but le cylindre contenant le ressort et sa tige glisse dans une enveloppe également cylindrique et fixée à l'armature ; on le pousse jusqu'au contact avec la branche du compas, lorsque la peau est prise entre les deux mors, on le fixe au moyen d'une vis immobilisatrice et l'on n'a plus qu'à visser pour comprimer le ressort et exercer ainsi sur la peau des pressions connues, indiquées sur un cadran par un index qu'une aiguille mobile laisse en place au moment de la décompression. Le maniement de l'appareil est ainsi rendu plus commode et les compressions peuvent être effectuées très graduellement.

Pour mesurer la douleur d'origine thermique, l'appareil de Kiesow peut être employé, ou le disposif de concentration optique des radiations sur un point de la peau, et enfin le procédé des immersions de

portions de membre dans de l'eau physiologique portée à une certaine température ; on arrive à déterminer ainsi le seuil de la sensation douloureuse provoquée par la chaleur.

Dans la douleur par le froid, on peut utiliser l'immersion dans un liquide à point de congélation assez bas, comme l'alcool, et refroidi par un mélange réfrigérant ou, de préférence, par l'évaporation d'une substance très volatile, le chlorure d'éthyle par exemple. Mais ici on se heurte à diverses difficultés : le liquide employé n'est plus l'eau physiologique, il exerce une action variable sur la peau, et on introduit alors une cause d'erreur dans les déterminations ; enfin le froid provoque très rapidement de l'analgésie.

Ici encore c'est avec l'appareil de Kiesow, dans lequel pénètre de l'alcool refroidi, que les mesures peuvent être faites le plus commodément.

Enfin, la douleur d'origine électrique s'étudie avec les mêmes appareils et par les mêmes méthodes que la sensibilité électrique. Aussi renvoyons-nous le lecteur au paragraphe qui concerne cette dernière sensibilité.

Technique. — Pour déterminer le seuil de la sensibilité à la douleur avec notre algo-esthésimètre, on choisit un lieu d'élection, par exemple le dos de la main droite, au niveau du deuxième métacarpien. On prend entre le pouce et l'index de la main gauche un pli de peau ; et, en écartant la branche mobile de l'appareil avec un doigt de la main droite, on insère ce pli de la peau entre les mors du compas, de telle façon que le bord des surfaces rugueuses soit parallèle au bord du pli, à une distance de 2 millimètres

environ. Le ressort amène la branche mobile au contact de la peau. Si l'on emploie un simple sphygmomètre on introduit alors celui-ci dans l'ouverture *ad hoc*, pendant que la main gauche, dont le pouce et l'index tiennent toujours, maintient l'appareil en équilibre ; l'on presse doucement, puis la main gauche libère le pli et s'attache uniquement à tenir l'appareil. Lorsqu'on dispose de la vis de compression, on procède de façon analogue de la main gauche, mais la main droite avance la tige rigide jusqu'au contact avec la branche mobile, fixe la vis de serrage, et n'a plus qu'à visser doucement pour exercer la compression progressive. Cette compression devra se faire avec une vitesse constante, 50 grammes par seconde, par exemple.

On prévient le sujet qu'il devra avertir lorsqu'il ressentira une douleur, c'est-à-dire une sensation réellement pénible, et telle qu'on soit nettement disposé à l'éviter, on lui demande de ne pas chercher à faire preuve de forfanterie, ni de stoïcisme, pas plus que de sensiblerie, et de déclarer tout bonnement ce qu'il éprouve.

D'autre part, on le prévient aussi que le caractère pénible de la sensation est très lent à s'établir et à progresser, et que par conséquent il n'a pas à craindre de douleur vive et qu'il est inutile d'anticiper sur l'apparition de la sensation douloureuse pour l'éviter.

Malgré tout, comme il n'y a pas de contrôle ici pour déceler les erreurs subjectives, volontaires ou involontaires, nous conseillerons le procédé entièrement objectif qui consiste à déterminer, sans faire appel à la collaboration du sujet, le seuil de la dilata-

tion pupillaire. Ce procédé, qui est valable pour les sujets normaux, se fonde sur cette conséquence inévitable de toute douleur, qui provoque une dilatation de la pupille. Mais il faut se rappeler que cette dilatation, si elle fait défaut dans toutes les analgésies organiques, persiste dans les analgésies psychiques, comme c'est le cas pour les analgésies constatées dans les états dits hystériques. Quoi qu'on pense de ce phénomène paradoxal et de la nature réelle ou apparente de l'analgésie hystérique, on doit se rappeler que l'hypo-algésie ou l'analgésie ne peuvent dans ces cas être décelées par la méthode proposée.

Pour rechercher ce signe de la douleur, on place le sujet à une lumière suffisante pour que la pupille soit modérément contractée ; et l'on fixe cette pupille[1] pendant qu'on exerce soi-même ou qu'un aide exerce la compression.

Dès qu'on note une variation positive du diamètre pupillaire, on arrête : l'index laissé à la graduation maxima atteinte, soit dans le compresseur à vis soit dans le sphygmomètre employé comme compresseur, donne le seuil de la sensition algique.

On peut en outre apprécier l'écrasement réalisé par cette compression en notant la différence entre les valeurs indiquées par les deux index du compas, celle concernant l'écartement primitif au contact de la peau, et celle concernant l'écartement moindre au moment de la plus grande compression.

Lorsque la dilatation pupillaire se produit, il est

1. On peut guère se servir de pupillomètres, trop peu sensibles.

bien rare que des mouvements, des gestes, des paroles du sujet ne révèlent pas alors la sensation douloureuse, alors même qu'il n'aurait pas été prévenu de la nature de la recherche.

Pour la douleur provoquée par le chaud ou par le froid, on procède exactement comme pour la mesure de la sensibilité thermique, toujours par rapport à la température propre de la surface explorée, cutanée ou muqueuse. On se comportera avec le sujet, comme dans l'emploi de l'algo-esthésimètre, et, là encore on peut procéder à la détermination du seuil de la dilatation pupillaire.

Nous en dirons autant pour la douleur provoquée par des décharges électriques dont la technique est la même que celle exposée ci-dessous, pour la mesure de la sensibilité électrique.

4. — Sensations électriques.

Lorsqu'il passe, sur la peau ou à travers l'organisme, un flux électrique suffisamment intense, on en est averti par une sensation spéciale, mais dont la spécificité est très douteuse, et qui semble bien due à l'irritation complexe de diverses terminaisons sensorielles.

Cette sensibilité électrique doit, en tout cas, être examinée à part, car ses variations individuelles ne peuvent être à l'heure actuelle déduites avec certitude d'aucune autre mesure de sensations cutanées.

Deux méthodes peuvent être employées pour cet examen, ainsi que pour la mesure de la douleur élec-

triquement provoquée. L'une est fondée sur l'emploi des chocs d'induction, l'autre sur celui des décharges de condensateur. La seconde méthode est la plus précise, mais elle est moins pratique, dans les conditions courantes :

On utilise des condensateurs à capacité variable de Leduc, déterminée en microfarads, que l'on fait charger sous un potentiel donné, constant, 4 volts par exemple ; le circuit de décharge qui doit comprendre une certaine surface cutanée du sujet, impliquera une résistance qui devra être déterminée. La décharge sera provoquée au moyen des excitateurs à 2 branches avec manche d'ébonite généralement utilisés à cet effet. Sur la peau du sujet seront appliquées deux électrodes de platine, avec une surface d'application circulaire de 1 millimètre, et dont les bords les plus rapprochés seront écartés de 1 centimètre. Ces deux électrodes doivent être montées sur ébonite, avec des courroies permettant de maintenir l'appareil bien appliqué sur la peau ; l'une étant en rapport avec une armature du condensateur, et l'autre pouvant être mise en rapport avec l'autre armature par l'intermédiaire de l'excitateur.

Une région cutanée commode et qui pourra être choisie sera le milieu de la face antérieure du poignet, l'électrode la plus proche de la main étant située sur le plan d'articulation.

La charge du condensateur sera proportionnelle à la capacité, en s'effectuant sous potentiel constant ; on devra faire varier la charge[1] pour obtenir des flux

1. La quantité d'électricité de la décharge serait exactement

d'intensité croissante dans un circuit de résistance connue, que l'on déterminera en ohms avec une source d'énergie dont on connaîtra le voltage et un ampèremètre[1]. Il est nécessaire pour toutes les mesures de sensibilité électrique de prendre une précaution généralement négligée : c'est de déterminer la résistance du circuit en y comprenant la surface cutanée du sujet. En effet la résistance de la peau varie d'un sujet à l'autre et l'on a pu dire non sans apparence de raison, avec certaines méthodes, que les pseudo-variations de sensibilité électrique ou de douleur provoquée par l'électricité chez différents sujets ne représentaient en réalité que des variations de résistance cutanée.

La détermination de la résistance du circuit total avec une position donnée du curseur d'un rhéostat intercalé sur le circuit se fera donc pour chaque sujet et l'unification s'obtiendra par variation de la position du curseur.

La méthode basée sur l'emploi des chocs d'induc-

déterminée au galvanomètre balistique. Elle est égale au produit du voltage de charge par la capacité. On peut donc, pour le faire varier, changer l'un ou l'autre des deux termes.

On doit se rappeler ce fait, que la durée de la décharge des condensateurs est d'autant plus courte, au même potentiel, que la capacité est plus petite. Aussi, dans les expériences physiologiques d'excitabilité, on peut déterminer la plus courte durée de l'excitation nécessaire pour provoquer une réaction, en cherchant suivant la capacité des condensateurs, la charge la plus petite nécessaire pour la réaction. On pourrait procéder de même pour la sensation électrique.

1. On se rappellera qu'un potentiel de 1 volt donne 1 ampère dans un circuit d'une résistance de 1 ohm ; si on obtient 1/2 ampère dans le circuit, c'est que la résistance y est de 2 ohms.

tion, implique également l'emploi d'un circuit de résistance connue, et ramenée pour chaque sujet, après détermination en ohms, à une valeur constante par l'emploi d'un rhéostat ; mais les variations d'intensité du champ s'obtiendront plus facilement, grâce à l'emploi du chariot de Du Bois Reymond ou de Ranvier, qui est d'un usage classique en physiologie : en éloignant au maximum dans ce chariot la bobine

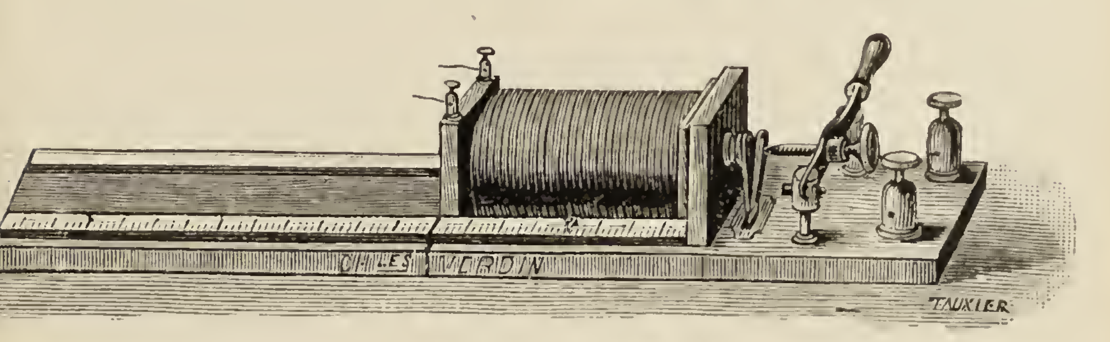


Fig. 10. — Chariot de Ranvier.

d'induction du noyau inducteur, et en la rapprochant progressivement, on obtiendra une valeur du seuil de sensibilité qui sera donnée en millimètres d'écartement, lus sur la réglette graduée que porte le chariot. Ces mesures ont une valeur comparative, mais ne fournissent pas une valeur absolue, en unités électriques, comme avec les condensateurs [1]. Pour que la valeur comparative soit réelle, il faut encore, d'ailleurs, un certain nombre de conditions ; tout d'abord on doit s'assurer que les chariots sont bien construits suivant un modèle identique et que les fils d'enrou-

1. Pour obtenir cette valeur absolue, il faudra graduer ou faire graduer le chariot dont on dispose, avec un galvanomètre balistique.

lement ont bien même diamètre et même longueur totale, ceci est facile à obtenir à cause de l'emploi de cet appareil en physiologie. Mais surtout, si le circuit d'excitation est bien déterminé, il faut en plus que le courant inducteur ait une intensité constante. Pour cela, comme il est difficile, même avec un circuit identique, d'obtenir une telle constance, à cause des variations des sources usuelles d'énergie électrique, on doit intercaler sur le circuit inducteur un ampèremètre et un rhéostat, de manière à obtenir une intensité constante, qui sera de 4 ampères, avec des sources d'énergie quelconques, mais assez fortes, piles ou accumulateurs, par des variations appropriées du rhéostat.

Enfin, comme il y a des chocs induits à la fermeture et à l'ouverture du circuit, et que l'action en est inégale, que d'autre part l'intervalle entre les deux chocs variera suivant que l'on relâchera plus ou moins vite le contact établi en pressant sur la clef du chariot, il faudra s'exercer à presser et à relâcher aux battements d'un métronome ; on évitera d'employer la méthode des chocs répétés avec trembleur, les oscillations du trembleur étant pratiquement de durée variable dans les chariots de Du Bois Reymond.

On pourra d'ailleurs supprimer le choc d'ouverture en intercalant un interrupteur sur le circuit induit, interrupteur qui servira également pour des pseudo excitations de contrôle.

Technique. — Le sujet étant assis et ne pouvant voir (ayant par exemple les yeux bandés) les manipulations effectuées sur la table d'expérience, le membre supérieur est placé dans une position commode, et

le dos de la main appuyé sur un coussin ; l'excitateur est fixé par des courroies autour du poignet de façon que l'électrode la plus proche de la main repose sur le point médian du pli le plus profond réalisé par le ploiement du poignet (point qui sera marqué au crayon dermographique), l'autre électrode se trouvera placée un centimètre plus haut sur la ligne médiane de cette face de l'avant-bras. Le circuit, constitué par l'excitateur, l'interrupteur, le rhéostat avec une position définie du curseur et les fils de transmission, sera mis en rapport avec un accumulateur et un ampèremètre : le nombre d'ampères constaté permettra, le nombre de volts étant connu, de déterminer en ohms la résistance du circuit. Le circuit sera fermé alors, soit sur une bouteille de Leyde, soit sur les bornes de la bobine du chariot d'induction.

Si l'on emploie les condensateurs on utilisera les diverses capacités dont on dispose ; si l'on a une série de bouteilles de Leyde chargées, à capacité différente, on pourra les décharger successivement.

Si l'on emploie le chariot de Du Bois Reymond, on ramène à 4 ampères l'intensité du courant inducteur comme il a été dit précédemment ; on éloigne au maximum la bobine du noyau et on commence les excitations en appuyant de la main gauche sur la clef du chariot, et en ouvrant de la droite l'interrupteur du circuit induit avant de relâcher, ce qui évite le choc d'ouverture et réduit l'excitation au choc de fermeture.

On commence, avec les deux méthodes, par faire ressentir au sujet les effets d'un flux électrique assez fort, puis on lui demande de prévenir lorsqu'il sentira

ce même effet, si faible soit-il. On commence par des excitations au-dessus du seuil, et chaque fois on prévient le sujet 2 secondes avant par le mot « attention ». On augmente progressivement d'intensité, en réalisant des excitations à une minute d'intervalle environ. De temps à autre on procède de même, mais en laissant ouvert, grâce à l'interrupteur, le circuit d'excitation, pour déceler comme toujours la fraude ou la suggestibilité.

On atteint le seuil de certitude lorsque, pour une intensité donnée d'excitation, les réponses du sujet se montrent constamment justes.

Pour la mesure de la douleur, il suffit d'augmenter les intensités jusqu'à ce que la sensation douloureuse paraisse nettement ressentie par le sujet.

5. — Sensations cutanées diverses.

A. — *Sensations caustiques.*

Le contact des alcalis concentrés sur la peau, et surtout sur les muqueuses, provoque une sensation désagréable, et rapidement douloureuse, cette impression de causticité, qui ne paraît pas spécifique, étant peut-être complexe, ou se ramenant peut-être à une sensation algique.

Quoi qu'il en soit de la nature réelle de ces sensations, il sera possible de déterminer le seuil absolu ou les seuils différentiels de celles-ci par la méthode des solutions de concentration croissante. Dans ce but,

on préparera, dans une série de flacons, à partir d'une solution décanormale de potasse[1], des solutions décimales, une série normale (à 1, 2, 3, ... normale), et au besoin une série décinormale (à 1, 2, 3, ... décinormale).

On pourra, en partant des solutions les plus diluées, rechercher le seuil absolu de la sensation, en déposant sur une surface déterminée des gouttes d'un volume constant, à la température de la peau ; et, à partir d'une solution d'une certaine concentration, rechercher la plus petite différence capable d'être perçue.

Technique. — Les dernières solutions sont préparées dans des flacons bouchés avec un compte-goutte en verre (donnant, à 15°, 50 gouttes par centimètre cube), dont le réservoir obture le goulot, suivant un modèle couramment employé dans la verrerie histologique. On prend sur le sujet, la température cutanée de la région que l'on veut explorer, et l'on met à l'étuve au bain-marie les flacons des solutions, pour les porter à une température supérieure d'environ 2 à 3° à la température cutanée, à cause de la radiation thermique au cours du transport de la goutte sur la peau[2].

1. La solution normale s'obtient en dissolvant le poids moléculaire, en grammes, de potasse, c'est-à-dire 56 grammes de KOH, dans 1 000 grammes d'eau distillée. Mais, comme la potasse pure à l'alcool du commerce retient 1 molécule d'eau, il faut 74 grammes de ce corps, KOH, H^2O, pour obtenir la solution normale. La solution mère, la solution décanormale, s'obtiendra donc en dissolvant 742 grammes par litre d'eau. La solubilité de la potasse dans l'eau distillée atteint en effet 200 pour 100.

2. On conserve la solution mère dans un flacon avec tubulure

La surface à explorer doit être la même pour les différents sujets : on peut choisir la face antérieure du poignet, qui est dépourvue de poils, au milieu d'une ligne unissant les extrémités inférieures du cubitus ou du radius.

Le sujet ne doit pas voir les manipulations. On dépose, à intervalles fixes (de 30 secondes par exemple), une goutte de solution sur la surface choisie et on l'essuie soigneusement avec un morceau de papier filtre au bout de 5 secondes ; on prévient le sujet 2 secondes avant de déposer la goutte, et on lui demande de dire s'il ressent une impression caustique. Il est utile, au préalable, de lui faire connaître la nature de la sensation avec une goutte d'une solution suffisamment concentrée.

On passe des solutions relativement diluées aux solutions plus fortes, progressivement, et, de temps à autre, on dépose une goutte d'eau distillée, comme épreuve. On obtient le seuil absolu lorsque les réponses du sujet sont constamment exactes avec une concentration donnée, par rapport aux réponses avec l'eau distillée.

Pour établir le seuil différentiel, on partirait d'une solution de concentration double de celle correspondant au seuil absolu et on l'emploierait comme précédemment ; 10 secondes après, on prendrait une

inférieure et un tube supérieur rempli de potasse solide traversant le bouchon pour la rentrée de l'air, qui est ainsi privé de CO^2 avant d'entrer en contact avec la solution.

Il faut préparer les solutions divisionnaires juste au moment de s'en servir, car la potasse, on le sait, est très avide d'acide carbonique.

goutte de la solution immédiatement supérieure ou immédiatement inférieure, en demandant au sujet de dire si la deuxième sensation lui paraît égale, plus forte ou plus faible que la première. Puis, 30 secondes après, on déposerait à nouveau une goutte de la solution type, puis, après 10 secondes, d'une solution différant de la première de 2 divisions au lieu d'une, jusqu'à ce qu'on obtienne des réponses toujours exactes du sujet dans ce jugement de comparaison, en prenant la précaution de déposer de temps en temps deux fois de suite une goutte de la solution type, à titre d'épreuve.

On atteindrait alors le seuil différentiel.

B. — *Sensations de traction.*

Lorsque la main est plongée dans une masse visqueuse et que l'on cherche à la retirer, il se produit des tiraillements de la peau qui provoquent des impressions caractéristiques. On n'a jamais songé jusqu'ici à soutenir la spécificité des sensations ainsi suscitées, et leur mesure n'est pas importante. Elle pourrait être réalisée au moyen d'un dynamomètre de traction très sensible, ayant une surface de base circulaire constante, par exemple de 1 centimètre de diamètre : On ferait adhérer cette surface à la peau au moyen d'une substance gluante comme la résine. On déterminerait la plus petite traction nécessaire pour provoquer la sensation du tiraillement, c'est-à-dire le seuil de cette sensation. On pourrait choisir, comme région d'élection, la face antérieure du poignet.

C. — *Sensations pilaires.*

On sait que, tout autour des poils, il existe des points de pression qui ne correspondent pas à des terminaisons nerveuses spéciales, à des corpuscules de Meissner, mais aux filets nerveux qui entourent les bulbes pilaires. Ces filets nerveux, très sensibles, le sont particulièrement pour tous les mouvements du poil. Tous les poils en effet possèdent une sensibilité spéciale, qui correspond à une sensibilité cutanée à distance, et cela oblige à beaucoup de prudence quand on veut explorer la sensibilité cutanée, afin d'éviter tout attouchement des organes pilaires. Toute pression ou traction exercée sur un poil, tout déplacement latéral, même provoqué par un souffle, entraîne des sensations très nettes ; malheureusement, nous ne sommes pas encore à l'heure actuelle en possession d'une méthode de mesure suffisante en ce qui concerne ces sensations.

La nature de la sensation provoquée est d'ailleurs variable, car cette sensation peut être confondue en certains cas avec une sensation de pression cutanée, ou bien elle revêt le caractère spécial des sensations de chatouillement, surtout dans le déplacement latéral d'une certain nombre de poils.

D. — *Sensations de chatouillement.*

La sensation de chatouillement n'apparaît pas seu-

lement par l'excitation des poils ; de simples contacts légers en divers endroits, dans le coin interne de la paupière inférieure par exemple, des frottements légers sur la surface cutanée dans diverses régions, abdominale et plantaire surtout, provoquent avec une intensité très variable la sensation dite de chatouillement. La spécificité de cette sensation — considérée par certains auteurs comme une sensation de plaisir opposable à la sensation de douleur — est très contestée. Non sans vraisemblance, on la considère en général comme le premier degré de la sensation algique, au même titre que la sensation de démangeaison, quelquefois considérée isolément.

On peut remarquer en effet que la douleur peut être facilement provoquée par la traction des poils, qui agit sur la même terminaison nerveuse que les déplacements latéraux suscitant une sensation de chatouillement surtout par leur fusion : le caractère de sommation d'excitation est souvent caractéristique en effet du chatouillement, mais peut faire défaut en certains endroits.

Quoi qu'il en soit de la complexité ou de l'individualité de cette sensation il n'existe pas à l'heure actuelle de méthode satisfaisante de mesure.

6. — Persistance des sensations cutanées.

Les sensations cutanées ont un temps perdu, un temps de latence, qui varie avec la nature des sensations et avec les conditions psychophysiologiques générales ; ce temps perdu est particulièrement grand

pour les sensations thermiques et surtout algiques, car en touchant un corps brûlant, on sent d'abord le contact, puis la chaleur, puis la douleur. Il peut s'augmenter beaucoup dans certains états pathologiques, et il peut être réduit par un effort intense d'attention. Aussi l'étude de ce temps perdu trouve-t-elle sa place dans la mesure de l'attention.

Mais, si la sensation est en retard sur l'excitation, elle persiste après celle-ci un temps appréciable ; si l'on place un corps chaud sur la peau et qu'on le retire, la sensation de chaleur durera longtemps encore après l'enlèvement du corps en question ; et une sensation de douleur une fois provoquée peut durer très longtemps, comme si, plus le temps perdu était long, plus la persistance était considérable.

Cette persistance peut être très exactement mesurée pour les sensations de pression, de contact : il suffit de connaître l'intervalle le plus grand entre deux sensations fusionnées, ou, si l'on veut, le plus petit intervalle entre deux sensations distinctes ; il y a là un seuil à déterminer, dont la valeur, en centièmes de secondes, mesurera la persistance de la sensation, seuil qui différera, bien entendu, suivant qu'on partira des sensations distinctes ou des sensations fusionnées [1].

Voici comment l'on peut procéder pour déterminer cette valeur.

On place un doigt, l'index de la main droite, par exemple, sur un support métallique à fond concave, et ayant à la partie médiane une fenêtre longitudinale de 2 millimètres de large sur 1 centimètre de long.

1. Voir p. 22.

Si une lame métallique souple vient frotter contre la partie inférieure du doigtier support, elle exercera une pression cutanée sur une longueur de 2 millimètres. Si, à intervalles variables, une autre lame vient exercer la même pression, égale à 10 grammes pour le plissement provoqué de 1 millimètre, on pourra déterminer l'intervalle-seuil entre la distinction et la fusion des deux sensations.

Cela sera possible en montant les lames métalliques sur une roue verticale, de telle façon qu'en passant sur le doigtier elles y viennent frotter, leur longueur étant supérieure de 1 millimètre à la distance du doigtier du cercle de la roue sur laquelle elles se trouvent montées ; la distance entre les lames étant fixée à 36°, suivant la vitesse de rotation de la roue l'intervalle entre les excitations prendra toutes les valeurs qu'on voudra, en centièmes de seconde. La roue sera mise en mouvement par un moteur électrique ; avec diverses multiplications et un rhéostat, on obtiendra une série de vitesses, pouvant aller de 1 tour jusqu'à 10 000 tours à la minute environ. Connaissant le nombre de tours à la seconde, on connaît très facilement la durée des intervalles, qui sont de 10 par tour (les lames étant fixées tous les 36°). Pour connaître ce nombre de tours, il faut un appareil compteur de tours, comme dans les dispositifs destinés à la mesure des persistances lumineuses ; c'est à ce propos que nous donnerons une description plus complète de l'appareil à employer, identique sauf en ce qui concerne la roue à faire tourner[1].

1. Voir p. 158.

La technique est très simple : le doigt du sujet étant placé sur le support de telle façon que la fente inférieure corresponde à la région médiane de la phalangine, on met l'appareil en rotation, lentement d'abord, et de plus en plus vite, jusqu'à ce que le sujet, prévenu de ce qu'on attend de lui, cesse de percevoir comme distinctes les sensations cutanées ; on recommence à plusieurs reprises, afin de noter si l'on obtient bien à peu de chose près le même chiffre. On calcule alors la durée correspondante, en tenant compte de la vitesse de rotation de l'axe principal mesurée au moment voulu, et des multiplications employées.

CHAPITRE II

MESURE DES SENSATIONS SOUS-CUTANÉES

Tous les filets nerveux de la sensibilité dite générale ne viennent pas de la surface cutanée ; un grand nombre sortent des muscles, des tendons, des articulations, des os, toutes parties de l'organisme susceptibles d'être le siège de sensations. Les principales de ces sensations d'origine profonde concernent le sens vibratoire qui siège surtout dans les os, la sensibilité vibratoire cutanée étant négligeable, et le sens kinésique ou kinesthésique, souvent appelé sens musculaire, qui siège en effet surtout dans les muscles, mais aussi dans les articulations et même dans les tendons.

I. — Sensations vibratoires.

Lorsqu'un corps vibrant est mis en contact avec une surface cutanée, surtout au-dessus d'un plan osseux autre que le crâne — car alors il y a transmission solidienne à l'appareil auditif, et sensation sonore — il se produit une impression spécifique de trépidation, de vibration.

Pour déterminer le seuil absolu de sensibilité à l'intensité vibratoire, on utilisera un diapason type, le

diapason acoumétrique de Pierre Bonnier à 100 v. d., très généralement adopté.

Le diapason devra être mis en vibration de façon toujours identique, — soit en écartant une des branches avec une certaine force et en la relâchant brusquement, ce qui peut se faire avec un dynamomètre à traction et une courroie formant boucle pouvant glisser brusquement le long de la branche du diapason, — soit en introduisant à une profondeur constante entre les branches un manche arrondi d'un

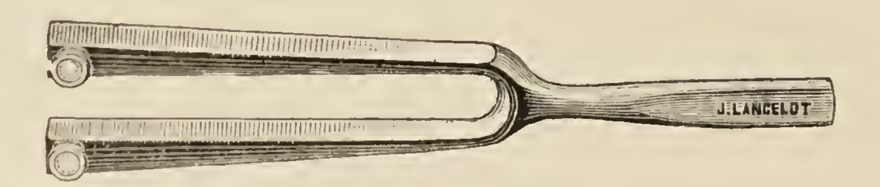


Fig. 11. — Diapason acoumétrique de P. Bonnier.

diamètre un peu supérieur à l'écartement, et en le faisant sortir avec une vitesse toujours la même, — soit enfin en faisant tomber d'une hauteur constante une bille de plomb, entourée de peau, d'un poids déterminé, sur une branche du diapason fixé par la tige, les deux branches se trouvant superposées dans le plan vertical.

Le diapason étant mis en vibration par un de ces procédés constants, on fait partir un chronographe de Jacquet au moment exact de la mise en vibration, et l'on inscrit les vibrations, au moyen d'une plume fixée à l'une des branches du diapason et dépassant de 2 centimètres, sur un cylindre enregistreur, à côté du temps inscrit en cinquièmes de seconde par la plume du chronographe de Jacquet ; ou mieux on

enregistre par la photographie les déviations vibratoires en fonction du temps [1]. Il faudrait alors mesurer l'amplitude des vibrations en fonction du temps, et appliquer la loi d'extinction des vibrations (en progression géométrique), à partir des chiffres

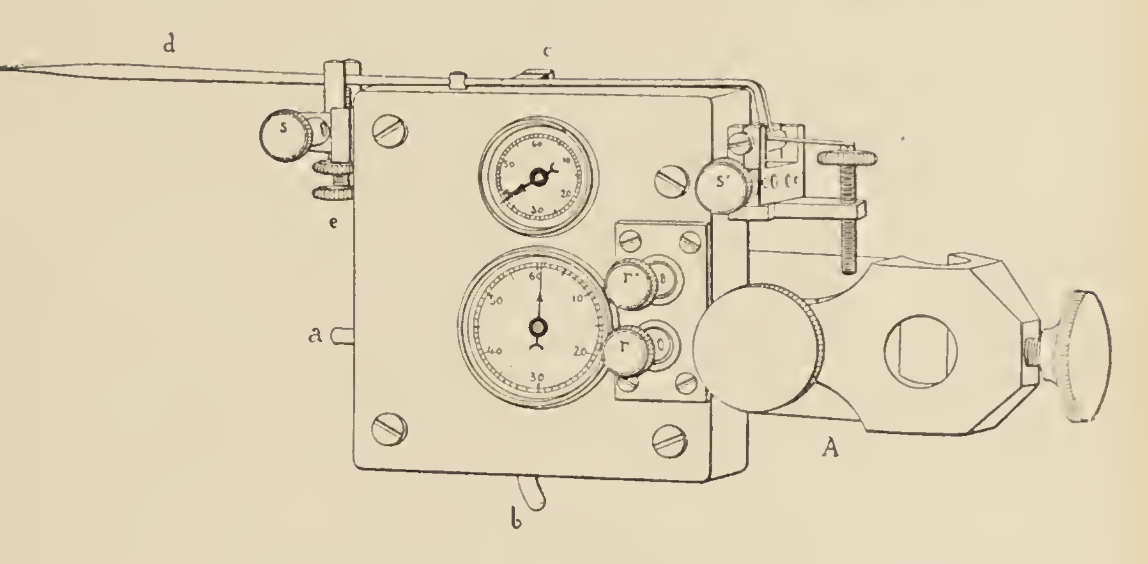


Fig. 12. — Chronographe de Jacquet.

obtenus, ce qui donnerait la mesure de l'intensité vibratoire à chaque instant, jusqu'à extinction pratiquement complète.

On connaîtrait dès lors l'intensité vibratoire pour ce diapason et par la méthode choisie de mise en vibration, pour toute durée écoulée depuis la mise en vibration.

1. Si la plume appuie trop sur le cylindre, en effet, dans le procédé graphique direct, la résistance due aux frottements entraîne une extinction plus rapide des vibrations.

La perception vibratoire cesse bien avant la perception auditive, qui se produit encore pour des amplitudes inférieures à un millionième de millimètre, d'après les déterminations de lord Rayleigh.

Il suffit en tout cas de déterminer au bout de combien de temps la sensation vibratoire cesse pour un sujet donné après la mise en vibration pour déterminer, soit par comparaison, soit, si le travail précédent est fait, en valeur absolue, l'intensité qui mesurera le seuil absolu de cette sensation.

Technique. — L'avant-bras droit du sujet est étendu, le poing fermé reposant par sa face antérieure sur un coussinet. L'expérimentateur met en vibration le diapason suivant la méthode adoptée, et, au moment exact de cette mise en vibration, fait partir l'aiguille d'un chronographe de poche. Il place alors verticalement le diapason, par la tige, en équilibre sur la tête du 2e métacarpien, et il demande au sujet de l'avertir lorsqu'il cessera de percevoir les vibrations ; à ce moment il transportera aussitôt ce diapason dans la même position sur la tête du 3e métacarpien, et le sujet, qui recommencera à percevoir les vibrations, devra à nouveau avertir de la cessation de l'impression ressentie à nouveau. A ce moment exact, l'expérimentateur arrêtera, en pressant, l'aiguille de son chronographe de poche. Il notera le temps écoulé, et se rapportera au besoin à l'amplitude calculée au bout de ce temps pour connaître l'intensité vibratoire correspondant au seuil de la sensation chez le sujet examiné, pour le 3e métacarpien.

La nécessité de changer l'os exploré est due à la fatigue rapide de la sensibilité vibratoire. En explorant seulement au moment où on est près du seuil, — ce dont on est averti par la cessation de la sensation sur la région fatiguée — l'os que l'on a choisi, on évite l'épuisement, et les variations apparentes du

seuil qui pourraient être dues à une inégale rapidité de cet épuisement.

On peut encore rechercher, à propos de la sensibilité vibratoire, les seuils différentiels[1] de hauteur, pour la distinction de vibrations d'inégale périodicité, la mesure des seuils absolus, inférieur et supérieur, étant pratiquement très difficile à réaliser.

Pour cette détermination, on emploiera deux diapasons identiques à masse allant de ut^2 à ut^3, mis en vibration avec un archet.

Un diapason est mis à l'ut^2 grâce à une position appropriée de la masse mobile, fixée par ses vis de serrage, il est mis en vibration et appliqué sur le troisième métacarpien, la position du sujet étant déterminée comme dans l'expérience précédente. On l'enlève au bout de 2 secondes, et l'on place aussitôt l'autre diapason, donnant un ton plus élevé; l'on demande au sujet s'il perçoit une différence dans la fréquence des vibrations. Après 30 secondes on recommence avec le premier donnant toujours le même nombre de vibrations, et le second différant davantage, et ainsi de suite jusqu'à détermination du seuil différentiel. On peut partir aussi de l'ut^3 et descendre progressivement.

De temps à autre, on ne manquera pas de remettre

1. Théoriquement on pourrait chercher à déterminer les seuils différentiels d'intensité, les seuils absolus et différentiels de périodicité vibratoire et les différences possibles dans la sensibilité à la nature des vibrations ; mais ces déterminations seraient très délicates et paraissent de peu d'intérêt, la sensibilité vibratoire étant très obtuse.

le même diapason une deuxième fois, pour déceler les réponses frauduleuses ou autosuggérées.

Le sujet ne doit naturellement pas voir les manipulations effectuées.

Mais l'intensité des vibrations étant différente pour un même coup d'archet lorsque les masses mobiles se trouvent à la partie inférieure des branches du diapason, il faudra appliquer ce dernier un temps variable après la mise en vibration pour que l'intensité initiale ne puisse permettre de reconnaître une différence dans les deux cas. En évitant l'influence de l'intensité, on constatera que cette sensibilité différentielle est très faible, presque nulle même dans la plupart des cas.

2. — Sensations kinésiques.

Les principales sensations kinesthésiques, ou mieux kinésiques, à étudier, sont celles d'effort musculaire luttant contre une résistance, comme dans le soulèvement des poids, celles de contraction statique immobilisant un membre ou un segment quelconque du corps dans une certaine position, et enfin celles de contraction dynamique, de mouvement déplaçant un membre ou un segment quelconque du corps d'une certaine étendue.

A. — *Sensations d'effort musculaire.*

L'acuité de la sensibilité musculaire sera mesurée

par le plus petit rapport entre deux *seaux* en cuivre de volume et de forme semblables, dont l'un, l'étalon, conserve un poids constant, et dont l'autre reçoit des plateaux qui élèvent son poids progressivement, lesquels seaux, après avoir été, sans secousse appréciable, alternativement suspendus à un segment de membre, sont différenciés.

Les seaux que nous proposons d'employer, et qui constituent le myo-esthésimètre de Toulouse et Vaschide, ont les poids suivants :

Première série. . . .	1	gramme.
Deuxième série. . . .	10	—
Troisième série. . . .	100	—
Quatrième série.. . .	1 000	—

Les seaux de 1 gramme sont en aluminium, les autres sont en cuivre.

Dans le seau à poids variable de chaque série, on place des *plateaux* tarés qui permettent d'augmenter sa valeur, — par rapport à l'étalon constant, — dans la proportion de 1/1 000, de 1/100 et de 1/10. Dans chaque série, les plateaux sont au nombre de 10 allant de 1 à 10 unités.

Les poids des unités sont, pour chaque série de plateaux, les suivants :

Première série. . . .	1 milligramme.
Deuxième série. . . .	1 centigramme.
Troisième série. . . .	1 décigramme.
Quatrième série. . . .	1 gramme.
Cinquième série.. . .	1 décagramme.
Sixième série.. . . .	1 hectogramme.

1. On pourrait adapter à l'anneau de suspension une surface circulaire par laquelle seule reposerait le seau sur le doigt.

Les plateaux des première, deuxième et troisième séries sont en aluminium, et les plateaux des quatrième et cinquième séries sont en cuivre. Les plateaux ont une forme cylindrique et sont surmontés d'un crochet préhensile. Pour la 1re et la 2e série, on a dû faire usage de tiges en aluminium.

Technique. — On fait asseoir le sujet dans une position commode et définie, près d'une table, de

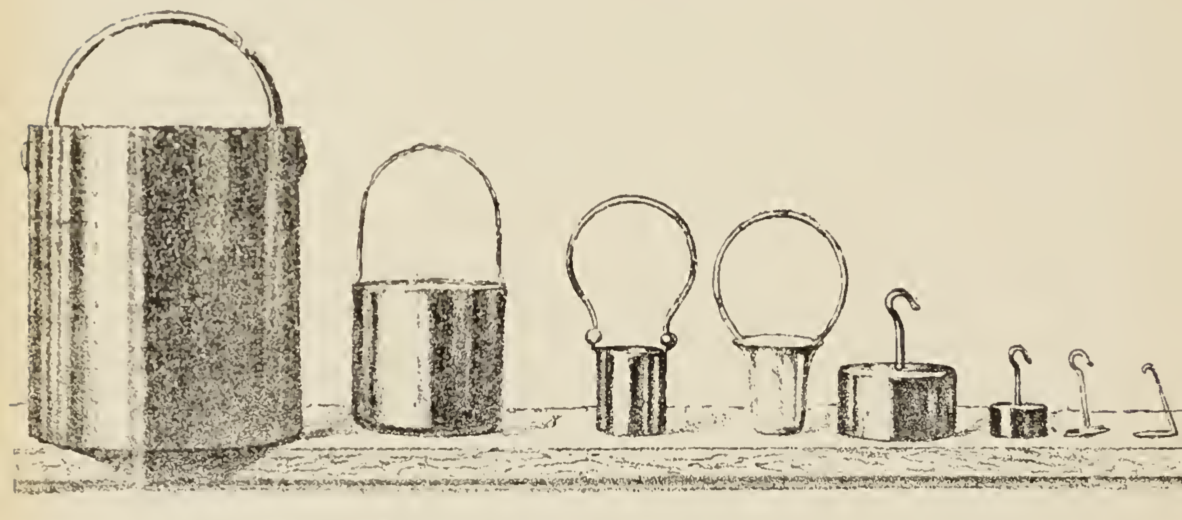


Fig. 13. — Seaux et poids du myo-esthésimètre de Toulouse et Vaschide.

telle sorte que son coude seul puisse reposer sur l'un des bords et son bras soit maintenu horizontalement en dehors de la table. Le sujet ayant les yeux bandés, on le prévient qu'on va lui faire soupeser des petits seaux ; et il devra indiquer, quand il aura soupesé les seaux l'un après l'autre, quel est le plus lourd; dans le cas où il n'aura aucune impression précise, il devra répondre : Je ne sais pas.

On place les seaux sur l'articulation de la phalange avec la phalangine de l'index à peu près étendu et le

sujet doit soupeser par un mouvement de l'avant-bras se soulevant sur le coude, appuyé, comme nous l'avons indiqué, le poignet restant immobile, et tous les doigts de la main, sauf l'index, restant fermés. Ainsi la sensibilité musculaire appartient à peu près uniquement au biceps et au brachial antérieur, d'une part, et au triceps antagoniste, d'autre part.

On fait des présentations triples : on présente en effet successivement l'étalon d'une série, un autre poids, et à nouveau l'étalon, et l'on va progressivement du poids le moins différent de l'étalon au plus éloigné.

On commence par placer sur le doigt le seau étalon, et le sujet, prévenu qu'il s'agit de l'étalon, doit le soupeser aussitôt ; on le retire au bout de 2 secondes environ et l'on place de suite (c'est-à-dire dans un temps qui ne devra jamais excéder 2 secondes) le seau à comparer, que le sujet soupèse et qu'on laisse le même temps ; puis, de suite encore on remet l'étalon en prévenant toujours qu'il s'agit de l'étalon : Le sujet doit alors déclarer si le poids qui a été soupesé au milieu est plus lourd, plus léger, ou égal aux autres [1].

On présente en suivant la série régulière des poids, mais, de temps à autre, on représente l'étalon trois fois de suite pour éviter que le sujet, en déclarant toujours une différence, n'induise en erreur l'expérimentateur.

1. Cette présentation complexe est rendue nécessaire par ce fait que, surtout avec les poids de 1 kilogramme, une légère fatigue fait souvent paraître plus lourd le second poids même lorsqu'il est égal ou un peu plus léger que le premier.

Il faut éviter d'utiliser des séries de poids très différentes l'une près de l'autre, en raison de l'adaptation du sujet.

Entre deux triples présentations, l'intervalle doit être de 1 minute pour éviter la fatigue ; et, surtout si l'on emploie les poids lourds, il faut donner un repos de plusieurs minutes après trois ou quatre triples présentations.

Lorsque les réponses du sujet se trouvent constamment exactes, on obtient la valeur du seuil différentiel, mesurée par une fraction dont le numérateur est fourni par le poids en grammes de la surcharge ajoutée au seau de comparaison, et le dénominateur le poids en grammes du seau étalon.

Pour déterminer le seuil absolu, on est obligé de recourir à l'anesthésie de la surface cutanée, sans quoi les sensations de pression, précédant les sensations musculaires, rendraient impossible toute mesure exacte : On pulvérise sur l'index du chlorure d'éthyle, et, lorsque la sensibilité cutanée est abolie, on procède à l'expérience en plaçant le sujet dans les mêmes conditions que précédemment [1].

On fixe avec un fil très fin ou un cheveu formant anneau les poids de la série du centigramme et du décigramme, et on les place comme les seaux ; on prévient alors le sujet de soupeser, et, au bout de

1. Cette anesthésie évite de faire appel à des injections intradermiques d'une solution de cocaïne à 2 pour 100 ; mais elle n'est complète que lorsque la peau blanchit, et il faut la maintenir en cet état en répulvérisant du chlorure d'éthyle de temps à autre, sans quoi l'anesthésie disparaît aussitôt. L'inconvénient, c'est que le moment de la décongélation cutanée est assez douloureux.

3 à 4 secondes, on le retire à la demande du sujet s'il a senti un poids ; on procède ainsi toutes les 15 secondes en augmentant le poids ; mais, de temps à autre, comme épreuve, on pose la question sans rien mettre.

Lorsqu'on arrive jusqu'au gramme, on peut employer le seau en aluminium, et l'on y ajoute des surchages jusqu'à ce qu'on ait atteint le seuil absolu, pour des réponses constamment exactes du sujet.

Il est nécessaire de procéder également à l'anesthésie avec le chlorure d'éthyle lorsqu'on veut déterminer la valeur du seuil différentiel pour les poids les plus légers.

B. — *Sensations statiques.*

Nous avons des sensations qui nous permettent, à l'état normal, de connaître la position de nos membres et des divers segments de notre corps les uns par rapport aux autres, alors même que nous avons oublié les mouvements qui ont amené ces attitudes.

Le sens des attitudes segmentaires pourra être étudié, sur le bras, avec un appareil tel que le schésiesthésimètre [1] que nous avons fait construire : Il se compose d'un pied à coulisses, et d'un support circulaire susceptible de s'incliner, de basculer, en avant ou en arrière. La surface du support peut, par le jeu des coulisses, être située à une hauteur du sol allant de $0^m,90$ à $1^m,90$, une échelle graduée en cen-

1. De σχέσις, position d'un membre, attitude segmentaire.

timètres permettant de connaître cette hauteur. Le pied peut être déplacé sur un tapis circulaire de linoléum portant marqués à sa surface un cercle central et une série de rayons séparés par des intervalles de 10° : aux extrémités de ces rayons sont inscrites les divisions de la circonférence de 0° à 180° d'un côté et de l'autre.

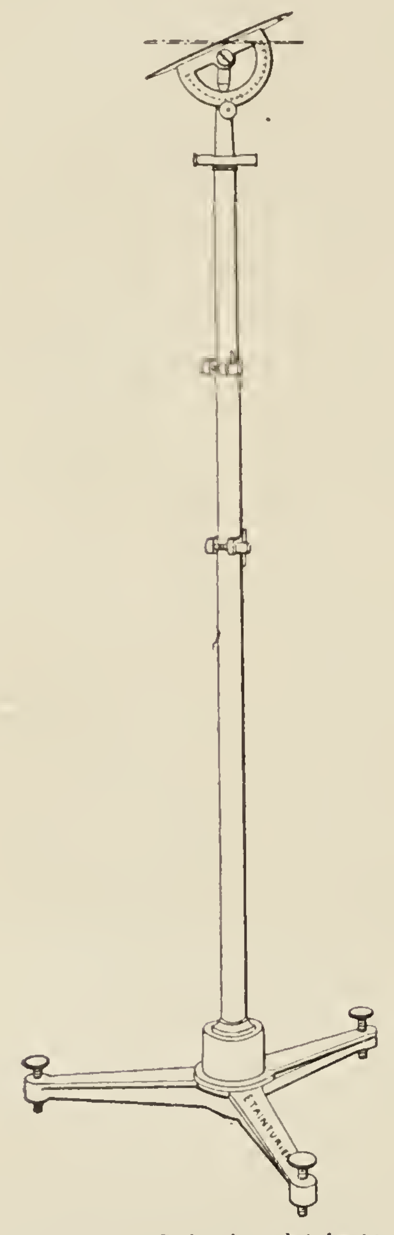


Fig. 14. — Schési-esthésimètre de Toulouse et Piéron.

Le bras étant placé dans une position donnée, la main reposant sur le support convenablement inclinée pour qu'elle soit en ligne droite avec l'axe du bras tendu, la position peut être repérée en hauteur et en distance angulaire par rapport au plan perpendiculaire à la ligne inter-oculaire. Cette position devra être retrouvée par le sujet, ou pourra être comparée par lui à des positions voisines.

Technique. — Le sujet est placé les pieds en équerre sur la région circulaire centrale du tapis de telle sorte que le plan de symétrie du corps passe par le diamètre 0°-180°, le regard étant dirigé vers le 0°. On

détermine la hauteur du plan horizontal du bras droit en plaçant le support sous la main lorsque le bras est ainsi tenu horizontal et dirigé vers le rayon de 90°, et l'on mesure la longueur du bras depuis l'épaule jusqu'à l'articulation du médius, et l'on calcule à quelle valeur angulaire correspond un centimètre de circonférence ayant la longueur mesurée du bras pour rayon.

L'on détermine une ou plusieurs positions types du bras ; on peut par exemple choisir les trois positions suivantes, le bras sera placé à 5° et 30° au-dessus, et 30° au-dessous du plan d'horizontalité ; et à 5° et 45° en avant, et 30° en arrière du plan latéral du corps.

On peut, soit combiner ces positions, soit, ce qui est préférable, les isoler, et réaliser les trois premières le bras restant dans le plan latéral, les trois autres, le bras restant horizontal.

On place alors le pied sur le tapis de telle sorte que l'index inférieur repose sur le rayon correspondant à la distance angulaire choisie, sur le rayon de 90° si l'on veut le placer dans le plan de latéralité du corps.

On élève le support jusqu'à la hauteur choisie, à autant de centimètres en dessus ou en dessous de la hauteur du plan d'horizontalité du bras, préalablement déterminé, qu'il est nécessaire pour obtenir la hauteur angulaire choisie, 5° ou 30° au-dessus, ou 30° au-dessous du plan, d'après les calculs effectués en partant de la longueur du bras : Le point extrême de la mesure de cette dernière longueur, c'est-à-dire celui qui correspond à l'articulation du médius,

doit être situé juste sur le centre de la surface circulaire du support ; le support est incliné de telle sorte que la main soit exactement dans le prolongement du bras tendu, et fixé dans cette position par la vis de serrage.

La position-test étant ainsi bien définie, on place le bras, la main reposant sur le support, et on le laisse 5 secondes ; on le retire, et, suivant l'expérience, on déplace le pied sur le tapis, ou on change la hauteur du support d'une valeur très faible (1°) ; et ceci devant être fait très rapidement, on replace le bras dans la position nouvelle, et on l'y laisse le même temps.

On demande au sujet de dire quand il notera un changement de position et quand il pourra définir ce changement.

On recommence, après une ou deux minutes, à remettre le bras dans la première position, puis dans une nouvelle différant de la précédente d'une valeur angulaire plus considérable, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on détermine le seuil différentiel de sensation (un changement noté) et le seuil de perception (définition exacte du changement survenu) lorsque les réponses sont constamment exactes, avec le contrôle habituel, qui consiste, assez fréquemment, à remettre les deux fois de suite le bras dans la même position.

C. — *Sensations dynamiques.*

Les sensations qui renseignent sur l'étendue des mouvements, des déplacements, peuvent être étudiées

de plusieurs manières ; mais en aucun cas on ne doit faire appel à des mouvements volontaires libres qui impliquent un véritable complexus psychologique dans lequel certains auteurs font encore intervenir des sensations d'innervation dont l'existence peut être considérée à l'heure actuelle comme hautement improbable.

I. *Mouvements passifs.* — Avec le schési-esthésimètre précédemment décrit, on peut étudier la sensibilité différentielle pour les mouvements passifs d'articulation du poignet : La main étant placée dans la position habituelle sur le support, amené à la hauteur du plan d'horizontalité du bras étendu, on incline le support avec une vitesse constante (de 30° par 5 secondes) d'une certaine valeur angulaire ; puis, après avoir remis la main horizontale, on recommence, au bout de 5 secondes avec la même vitesse, et l'on effectue un déplacement un peu plus ou un peu moins considérable ; on demande au sujet de prévenir lorsqu'il perçoit une différence dans l'étendue des deux déplacements, et lorsqu'il peut définir quel est le déplacement le plus grand. On procède ainsi par couples en augmentant progressivement la différence des deux déplacements jusqu'à obtenir les réponses constamment exactes déterminant le seuil de sensation (une différence notée) et le seuil de perception (détermination de la différence), avec l'épreuve habituelle consistant à effectuer deux fois de suite le même déplacement.

Dans ces expériences, il y a, en même temps qu'un mouvement du poignet un léger mouvement de l'épaule, l'inclinaison du support produisant un léger

abaissement ou une légère élévation du bras, mais le mouvement du poignet étant plus étendu et perçu avec plus de finesse, le mouvement de l'épaule est entièrement négligeable dans les conditions normales.

On ne peut, par cette méthode, déterminer la valeur du seuil absolu du sens kinésique du déplacement, parce qu'il se produit toujours des sensations de pression différentes sur les différentes régions de la main et ces sensations interviennent de très bonne heure ; il intervient en outre des sensations cutanées de tiraillement et quelques auteurs pensent même que de telles sensations doivent jouer un rôle important dans les perceptions différentielles.

On ne peut non plus déterminer les seuils différentiels pour la perception de la vitesse des déplacements, car la réalisation pratique des vitesses progressivement augmentées et toujours régulières serait très difficile et impliquerait des dispositifs fort compliqués : Cette détermination peut se faire avec un chariot automoteur utilisé avec les cylindres, en méthode graphique, différentes vitesses pouvant être réalisées par des inclinaisons d'ailettes surmontant le moteur ou avec un chariot entraîné par le mouvement du cylindre ; ces vitesses étant préalablement déterminées, on peut faire des séries de couples de déplacements de même étendue avec des vitesses différentes, la différence, d'abord minime, croissant progressivement jusqu'à détermination des seuils, avec des épreuves de suggestibilité de temps à autre, consistant à effectuer les deux déplacements successifs du couple avec la même vitesse.

Le sujet tient le pied du support dans sa main, le coude reposant sur la table.

Le déplacement du chariot ne se faisant pas en arc de cercle, le mouvement du bras du sujet ne doit pas

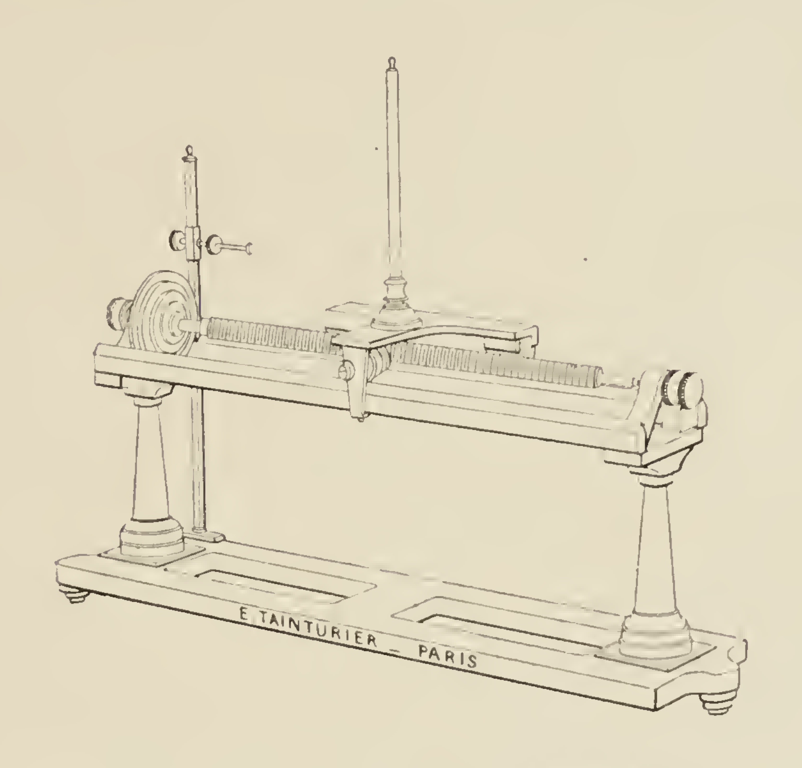


Fig. 15. — Chariot mû par transmission.

être étendu afin que l'arc puisse être pratiquement confondu avec sa corde.

Un appareil excellent pour une telle mesure est celui qui a été imaginé par Leuba.

Le coude repose sur l'extrémité d'un levier fixé à un axe monté sur supports, avec contrepoids pour que le levier soit équilibré en toute position. Un index se déplaçant devant un cadran permet de mesurer la grandeur angulaire des déplacements du levier sur lequel repose l'avant-bras, la main tenant

une branche qu'on peut fixer, suivant la longueur de l'avant-bras, plus ou moins loin de l'extrémité.

En mettant en connexion l'arc de rotation du levier avec un moteur électrique au moyen d'engrenages réducteurs de vitesse, on arrive à imprimer au levier et au bras des vitesses variables de déplacement, qui peuvent être connues en appliquant au moteur un appareil compteur de tours[1].

En engrenant et désengrenant au bout d'un temps donné, ou en plaçant un butoir pour arrêter le mouvement en un point donné, on peut effectuer des déplacements d'étendue angulaire connue.

II. *Mouvements actifs.* — Les mouvements actifs sont étudiés en faisant effectuer un déplacement par le sujet à un corps mobile dont le parcours est limité. On a employé dans ce but des planchettes évidées, dans lesquelles on peut introduire un crayon qui en suit le contour. Avec cette méthode, on peut chercher à déterminer le seuil de différenciation des formes : en faisant suivre les contours d'un cercle qui par aplatissement devient ellipsoïdal, on peut déterminer quel est le plus faible aplatissement susceptible d'être perçu.

Pour le seuil de différenciation des simples amplitudes, on peut employer le support du chariot utilisé en méthode graphique en supprimant l'engrenage du support avec la vis sans fin destinée à le faire mouvoir automatiquement ; et, en le plaçant à une extrémité, on peut le faire déplacer dans un sens donné, par exemple de gauche à droite, par le sujet,

1. Voir page 160.

qui le prend à pleine main. L'étendue du parcours est déterminée par une cale que l'on place à distance voulue, mesurée en centimètres au moyen d'une règle graduée que l'on assujettit à la base du chariot.

Dès que le sujet a déplacé jusqu'à la cale le support mobile, on le lui fait lâcher, on le ramène, on déplace la cale pour allonger ou raccourcir le parcours, et on fait reprendre le support au sujet qui le déplace à nouveau et doit dire s'il perçoit une différence dans l'étendue des deux déplacements et s'il peut dire quel a été le déplacement le plus considérable. Entre deux déplacements de chaque couple le temps devra être très court, 5 secondes au maximum. Entre deux couples on laissera s'écouler une minute pour éviter la fatigue. De temps à autre on fera, comme épreuve, effectuer deux déplacements de même étendue.

Pour plus de précision, les déplacements devront être évalués en angles. L'avant-bras étant immobile, le coude reposant sur la table, le rayon de la circonférence sera mesurée du centre au support tenu par la main ; à partir de ce rayon, multiplié par 2π, c'est-à-dire par 6,28, on détermine le nombre de centimètres correspondant à 360°, et on tire de suite la valeur angulaire de chaque centimètre de déplacement. Les vitesses, dans l'expérience précédente, indiquée avec le même appareil, devraient aussi être évaluées par rapport à des déplacements angulaires.

Les mesures s'effectueront avec plus de précision avec l'appareil de Leuba ci-dessus décrit, et où les mouvements sont toujours des déplacements angu-

laires et peuvent affecter une grande étendue. Un dispositif annexe très important permet d'apprécier exactement la vitesse du mouvement actif à chaque instant et sa durée totale, donnée très importante, car LEUBA a justement établi le rôle de la durée du mouvement, qui est le facteur principal de l'appréciation subjective de son étendue. A l'axe de rotation sont fixées des roues à contacts électriques équidistants et pouvant inscrire avec les signaux de DESPREZ les moments exacts de passage pour les diverses valeurs angulaires successives. En enregistrant le temps simultanément en centièmes de seconde, on connaît la vitesse à chaque instant par la durée de chaque déplacement angulaire et la vitesse moyenne par la durée totale.

On pourrait avoir un dispositif analogue avec le déplacement du chariot, en disposant des contacts équidistants que le chariot fermerait au passage avec un frotteur métallique. Mais cette dernière méthode est très imparfaite par rapport à l'autre, qui a le seul inconvénient d'exiger un appareil spécial.

CHAPITRE III

MESURE DES SENSATIONS DU GOUT ET DE L'ODORAT

Deux ordres de sensations nous renseignent plus particulièrement sur certaines qualités physico-chimiques des corps, ce sont les sensations olfactives et les sensations gustatives ; difficiles à différencier dans la série animale, elles ne sont pas sans se mêler dans une certaine mesure pour l'expérience humaine, et un grand nombre de pseudo-saveurs résultent d'une étroite collaboration des sens du goût et de l'odorat ou ne sont même que des odeurs. Mais il existe des cas où les excitations des deux catégories d'organes sensoriels sont nettement distinctes, ce qui permet une étude isolée de chacune.

I. — Sensations gustatives.

Des méthodes assez diverses ont été généralement utilisées pour la mesure du goût. Certains expérimentateurs ont employé des poudres gustatives ; d'autres, des solutions déposées sur la langue avec le doigt, un pinceau, une éponge ou des tubes ; d'autres enfin, des

courants électriques. Mais les conditions de l'expérience n'ont pas été rigoureusement établies ; or, c'est là une chose qui importe pour que les recherches puissent être comparables.

Nous avons adopté le chlorure de sodium pour les saveurs salées, le saccharose pour les saveurs sucrées, le sulfochlorhydrate de quinine pour les saveurs amères et l'acide citrique pour les saveurs acides. Ces corps, qui sont définis et familiers pour tous les sujets normaux, sont facilement solubles dans l'eau distillée.

Des solutions de ces corps sont établies à partir de la solution normale ou décinormale, selon la solubilité ; une série de solutions est établie aux centième, millième, dix-millième normale, etc. ; puis des solutions divisionnaires (à 1, 2, 3, ... centièmes-normale, 1, 2, 3, ... millièmes-normale, etc.).

On emploie, au moyen de compte-gouttes convenables, des gouttes de 1 cinquantième de centimètre cube, présentant toutes le même volume, quelle que soit la concentration de la solution, et sensiblement de même poids. D'ailleurs ce poids, lorsque la vitesse de chute tend à être nulle, est en général insuffisant pour éveiller une sensation de contact. En outre, si la solution est maintenue dans un bain-marie réglé à 38°, la goutte d'eau, dans les conditions normales, ne provoque pas de sensation thermique appréciable. Si donc elle est sentie, c'est uniquement à cause de ses qualités sapides, puisque d'autre part ces corps ne donnent pas lieu à des sensations olfactives.

On commence par des gouttes, qui, par leur dilution, ne provoquent pas de sensations gustatives, l'ex-

citation demeurant au-dessous du minimum perceptible. Et l'on augmente la concentration des gouttes

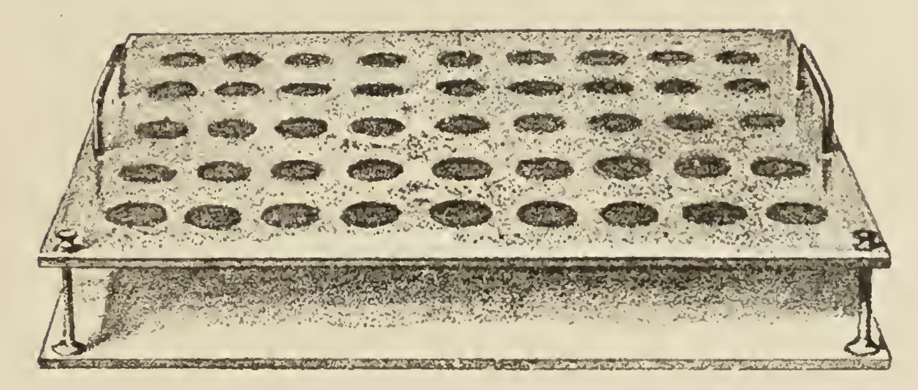


Fig. 16. — Support du gueusi-esthésimètre de Toulouse et Vaschide.

déposées jusqu'à ce qu'on ait atteint le seuil de la sensation (reconnaissance d'un goût indéterminé) et le seuil de la perception (reconnaissance d'un goût défini).

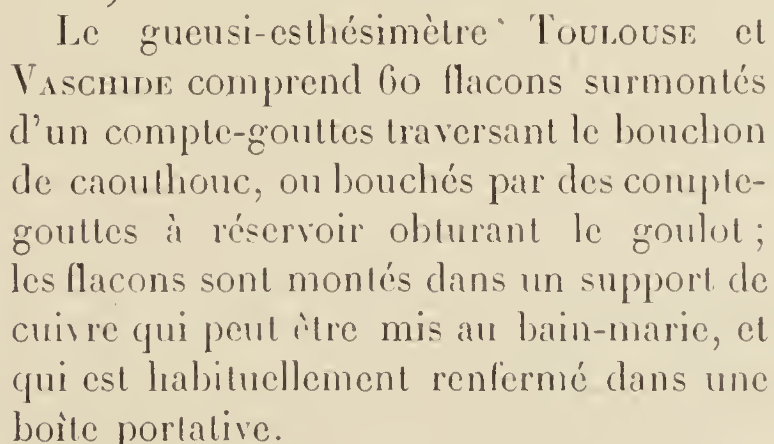


Fig. 17. Flacon du gueusi-esthésimètre.

Le gueusi-esthésimètre Toulouse et Vaschide comprend 60 flacons surmontés d'un compte-gouttes traversant le bouchon de caoutchouc, ou bouchés par des compte-gouttes à réservoir obturant le goulot ; les flacons sont montés dans un support de cuivre qui peut être mis au bain-marie, et qui est habituellement renfermé dans une boîte portative.

On prévoit une série complète pour les solutions salées, cette saveur étant choisie de préférence, parce qu'elle est la moins persistante, pour la mesure exacte de l'acuité gustative ; chaque flacon est numéroté de telle façon qu'on puisse connaître immédiatement la concentration de la solution ; et sa place est marquée sur le support de

cuivre par la répétition du numérotage. On pourrait d'ailleurs, dans la même série de flacons, substituer aux solutions salées des solutions amères, acides ou sucrées. Dans ces dernières saveurs, il n'existe que des solutions à concentrations constituant des têtes de séries.

En outre, pour l'exploration qualitative des saveurs-odeurs, qui peut en certains cas avoir un intérêt, il existe une série de 10 flacons contenant des substances pour la plupart assez familières et qui sont assez caractéristiques à la dégustation.

Le tableau ci-contre donne la répartition des flacons des solutions dans la boîte.

Les solutions, qui sont toutes préparées avec de l'eau distillée, afin d'éviter l'action de l'alcool sur les terminaisons gustatives, doivent être refaites assez fréquemment, et les flacons doivent être tenus hermétiquement bouchés afin d'éviter les concentrations qui seraient inévitables s'il se produisait de l'évaporation.

Voici comment l'on procédera pour préparer les solutions de diverses concentrations.

Avec l'acide citrique, le saccharose, et le sulfochlorhydrate de quinine, on préparera les poids suivants : $8^{gr},2$ pour l'acide, 342 grammes pour le sucre, et $574^{gr},5$ pour le sel de quinine[1], et on les mettra à

1. L'acide citrique étant trivalent, on doit prendre le tiers de son poids moléculaire comme équivalent à dissoudre pour réaliser la solution normale. Mais comme ce corps a la formule $C^3H^3(OH)(CO^2H)^3,H^2O$, ce qui veut dire qu'il contient en outre une molécule d'eau, au tiers de son poids moléculaire (192) il faut ajouter 18, poids d'H^2O, ce qui donne 82. Le saccharose $C^{12}H^{22}O^{11}$ a 342 comme poids moléculaire ; le sulfochlorhydrate de quinine $C^{20}H^{24}N^2O^2(SO^4H^2)^2HCl,H^2O$, de poids moléculaire égal à 574,5 en comprenant la molécule d'eau, contient 56,4 pour 100 de quinine.

SAVEURS SALÉES (Sa)

	Sel.	Eau distillée.
	—	—
Sa. 1,1	1 p.	100 000 N.
2,1	1 p.	10 000 N.
3,1	1 p.	1 000 N.
3,2	2 p.	—
3,3	3 p.	—
3,4	4 p.	—
3,5	5 p.	—
3,6	6 p.	—
3,7	7 p.	—
3,8	8 p.	—
3,9	9 p.	—
4,1	1 p.	100 N.
4,2	2 p.	—
4,3	3 p.	—
4,4	4 p.	—
4,5	5 p.	—
4,6	6 p.	—
4,7	7 p.	—
4,8	8 p.	—
4,9	9 p.	—
5,1	1 p.	10 N.
5,2	2 p.	—
5,3	3 p.	—
5,4	4 p.	—
5,5	5 p.	—
5,6	6 p.	—
5,7	7 p.	—
5,8	8 p.	—
5,9	9 p.	—
6,1		Normale.
6,3	0,5	Décanormale.
7,1		Sel pur.

SAVEURS SUCRÉES (Su)

	Saccharose cristallisé.	Eau distillée.
	—	—
Su. 1	1 p.	10 000 N.
2	1 p.	1 000 N.
3	1 p.	100 N.
4	1 p.	10 N.
5		Normale.

SAVEURS AMÈRES (Am.)

	Sulfochlorhydrate de quinine.	Eau.
	—	—
Am. 1	1 p.	10 000 N.
2	1 p.	1 000 N.
3	1 p.	100 N.
4	1 p.	10 N.
5		Normale.

SAVEURS ACIDES (Ac.)

	Acide citrique.	
	—	
Ac. 1	1 p.	100 000 N.
2	1 p.	10 000 N.
3	1 p.	1 000 N.
4	1 p.	100 N.
5	1 p.	10 N.

SAVEURS (S.)

S. 1	Sel.	à 1 p.	10 N.
2	Saccharose. . .	à 1 p.	10 N.
3	Sulfochlorhydrate de quinine. . .	à 1 p.	100 N.
4	Acide citrique. .	à 1 p.	10 N.

SAVEURS-ODEURS (S. O.)

S. O. 1	Eau de fleurs d'oranger.	30cc	0
2	— laurier-cerise. .	30	0
3	Essence d'anis. . . .	2gttes	30
4	— de menthe.. .	1	30
5	— d'ail. . . .	1	30
6	Camphre à 1 pr 1 000. .	30cc	0
7	Vinaigre.	30	0
8	Sulfate de fer à 1 pr 200.	30	0
9	Rhum..	30	0
10	Huile.	30	0

SENSIBILITÉ TACTILE

S. O. Eau distillée.

dissoudre dans 1 000 centimètres cubes d'eau distillée. On obtiendra ainsi une solution décinormale d'acide citrique (qui n'est soluble qu'à 1 pour 100), une normale de saccharose, et une normale du sel de quinine (soluble à 100 pour 100). De cette solution, considérée comme solution mère, on prendra 1, puis 2, 3, 4 centimètres cubes, etc. qu'on mettra dans une éprouvette, et on complètera à 10 centimètres cubes. On aura ainsi une solution au dixième, une solution décinormale, quand on part de la solution normale, et on en remplira le flacon destiné à la recevoir ; on en prélèvera 1, 2, 3 centimètres cubes, etc. pour remettre dans l'éprouvette rincée à l'eau distillée, puis avec 1 ou 2 centimètres cubes de la solution qu'on y va placer, et porter à 10 centimètres cubes.

On a ainsi une nouvelle série de solutions et l'on n'a qu'à procéder de même pour la suivante.

Dans le chlorure de sodium, on établit une solution mère normale à raison de 58^{gr},5 pour 1 000. A partir de cette solution mère, on fait une série de solutions au dixième normale, en mettant 1 centimètre cube dans une éprouvette et en portant à 10 centimètres cubes, puis 2 et en portant au même volume ; on atteint les concentrations à 1, 2, 3... dixième normale.

Pour la série au centième normale, on procède de même en partant de la solution précédente au dixième normale. Et on continue pour les séries suivantes.

On rince chaque fois ses éprouvettes d'abord avec de l'eau distillée, puis avec une petite quantité de la solution qu'on y va déposer, afin d'éviter toute con-

centration ou dilution, qui serait à craindre surtout dans l'emploi des petits volumes.

Technique. — Le sujet est assis confortablement, la tète appuyée ; on le prévient de ce qu'on va lui demander, par des paroles analogues aux suivantes si l'on veut étudier la sensibilité gustative globale : « *Lorsque je vous le dirai, vous sortirez votre langue le plus possible et je déposerai sur elle une goutte de liquide. Puis, vous la rentrerez dès que je vous le dirai et vous l'appuierez contre le palais en faisant des mouvements pour bien sentir le goût du liquide. Vous direz ensuite, en vous laissant aller à vos impressions, ce que vous sentez. Si vous ne sentez aucun goût, vous direz : rien. Si vous sentez un goût sans pouvoir le déterminer, vous direz : Un goût. Enfin si vous reconnaissez un goût, vous le nommerez.*

« *Je vous préviens que je vous ferai goûter des saveurs différentes, plus ou moins fortes, et parfois aussi de l'eau pure sans aucun goût.* »

On a fait chauffer la cuve qui contient tous les flacons dans un bain-marie à 38° ou dans l'étuve sèche, température telle qu'avec le léger refroidissement consécutif, on atteigne de très près la température normale de la bouche.

On saura que la température des solutions est convenable lorsqu'une goutte d'eau distillée n'éveillera aucune perception thermique.

On prend du liquide dans le compte-gouttes d'un flacon contenant une solution très faible et on laisse tomber de 1 centimètre de haut (vitesse pratiquement nulle), la goutte qui pend. Au signal : *Attention* ! le sujet tire la langue et l'on dépose la goutte.

On peut, soit essuyer la goutte au bout de 2 secondes et demander une réponse du sujet par un signe de la main pour déterminer s'il a perçu ou non un goût sur la région explorée, le sommet du V lingual par exemple, ou bien on lui permet, comme cela est impliqué par les paroles ci-dessus, de rentrer la langue et de goûter par appplication contre le palais où la sensibilité est plus fine, et l'on détermine alors un seuil gustatif global.

On peut en outre, avec le premier procédé, déterminer la sensibilité de régions délimitées, correspondant à la surface d'étalement des gouttes, c'est-à-dire à des cercles d'environ 5 millimètres de diamètre.

Le sujet doit alors tenir la langue immobile (qu'on maintient, au besoin, la main enveloppée d'un linge); la tête du sujet est tenue, en arrière, par un appareil à fixer la tête. Il faut prendre garde de déposer la goutte à l'endroit voulu sans la faire toucher d'autres parties, ni provoquer ailleurs d'autres sensations de contact, et la langue devra être essuyée chaque fois de manière à être bien sèche, pour éviter la diffusion des gouttes.

Entre chaque excitation sapide, le sujet doit se rincer la bouche avec 5 centimètres cubes d'eau distillée à 38°, ce qui nécessite un intervalle de repos de 1 minute (saveurs sucrées, salées, acides). Toutefois, pour les saveurs amères, il faut prolonger le repos jusqu'à 5 minutes ou même plus si les solutions sont très concentrées, car les sensations sont alors très persistantes.

Comme dans toutes les mesures précédentes, on passe des solutions les plus faibles à des solutions

progressivement plus fortes, jusqu'à ce qu'on obtienne les réponses exactes caractéristiques du seuil de sensation (un goût signalé) et du seuil de perception (un goût nommé), avec, assez fréquemment, l'épreuve de contrôle consistant à déposer une goutte d'eau distillée.

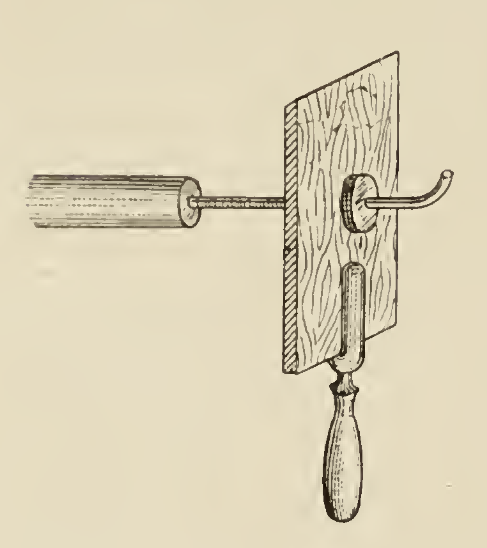
Pour déterminer la topographie gustative exacte pour chacune des quatre sensations fondamentales, on pourra, pour explorer des points de petit diamètre ou des régions profondes, employer la méthode du pinceau imbibé porté au contact de la muqueuse, mais avec le procédé de Van Biervliet, consistant à imbiber un pinceau avec une goutte de la solution à concentration choisie, le contrôle, particulièrement nécessaire à cause des sensations tactiles, s'effectuant en imbibant un pinceau avec une goutte d'eau distillée.

2. — Sensations olfactives.

La méthode que nous proposons pour la mesure de la sensibilité olfactive est basée, comme dans la méthode précédente, sur l'emploi de solutions aqueuses de titres définis, cette méthode des solutions ayant été employée déjà par Nichols et Bailey, Lombroso et Ottolenghi, mais étant souvent délaissée pour celle de Zwaardemaker qui est à coup sûr ingénieuse et commode.

L' « olfactomètre » de Zwaardemaker comprend, comme on le sait, un tube de substance odorante qui peut être découvert sur une plus ou moins grande longueur par un autre tube de verre qui l'enveloppe

Le tube odorant est un cylindre en porcelaine poreuse qu'on imbibe d'une essence ou d'une solution odorante. L'air passe à travers le tube odorant et est aspiré par la narine du sujet à l'extrémité d'un tube inodore qui prolonge le premier et traverse un écran protecteur contre les émanations odorantes extérieures pouvant provenir du tube. La sensibilité se trouve mesurée par le nombre de centimètres dont doit être découvert le tube odorant pour que l'air, se chargeant des émanations, provoque une sensation ; l'intensité de l'odeur est considérée comme proportionnelle à la surface des tubes découverts, où est susceptible de s'évaporer l'émanation odorante.


Fig. 18. — Olfactomètre de Zwaardemaker.

L'olfactomètre de Charles Henry vise à plus de précision : on introduit dans un récipient de verre quelques gouttes d'une essence ou d'une solution odorante, et l'on reçoit l'odeur par un tube de verre glissant à l'intérieur d'un tube de papier bouché à la partie inférieure et plongeant dans le récipient ; on détermine de combien il faut soulever le tube de verre, et par conséquent découvrir le tube de papier à travers lequel l'odeur diffusera et passera dans le tube de verre, pour obtenir une sensation. En connaissant le temps de soulèvement, la surface de papier découverte (avec cette difficulté que le papier n'est pas un

corps défini), et le coefficient d'évaporation du corps odorant dans l'unité de temps, déterminé au pèse-vapeur, on peut connaître le poids de substance évaporée qui a passé dans l'appareil et qui a été reçu dans la narine.

Mais l'emploi du pèse-vapeur est délicat et les données qu'il fournit ne sont pas d'une suffisante précision pour qu'on puisse admettre avec certitude les poids ainsi calculés.

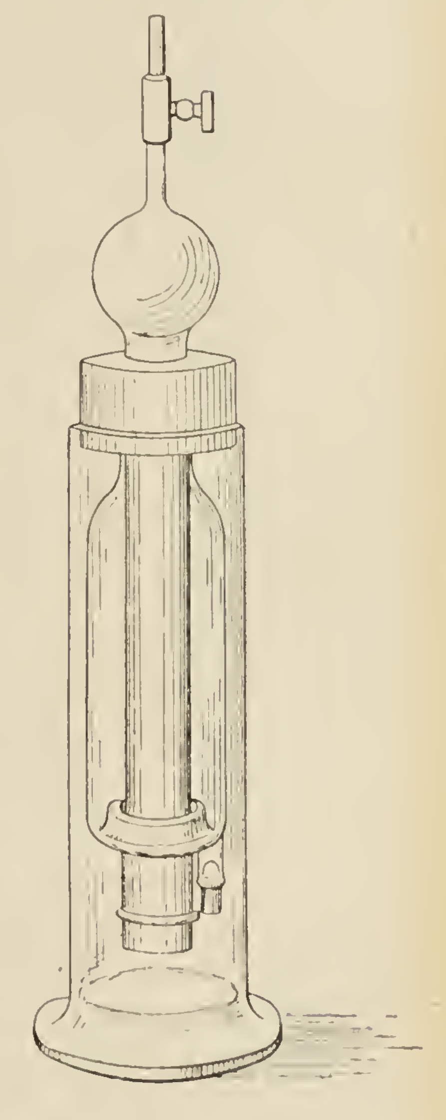


Fig. 19. — Olfactomètre de Ch. Henry.

Avec notre méthode, l'acuité de la sensibilité olfactive est mesurée, dans une atmosphère inodore et calme, à la température de 15°, par le titre de la plus faible solution d'un volume de 15 centimètres cubes d'eau camphrée, contenue dans un tube de verre, ayant un diamètre intérieur de 0m,02 et une hauteur intérieure de 0m,06, bouché à l'émeri sur une longueur intérieure de 0m,01, qui est présenté, en dehors de la vue du sujet, durant 3 secondes et au cours d'une aspiration d'une amplitude moyenne, de telle façon que l'ouverture du tube touche les narines et donne une *sensation* (impression olfactive indéterminée) ou une *perception* (reconnaissance du camphre); la présentation d'un tube rempli d'eau distillée provoquant une expérience négative de contrôle.

On peut en outre apprécier la perceptibilité des odeurs (pouvoir de reconnaissance) d'après le nombre de solutions ou mélanges aqueux, à des titres déterminés, de corps odorants familiers (huile d'olive, eau de fleur d'oranger, eau de laurier-cerise, eau de violette, eau de rose, eau d'anis, eau de menthe, eau d'ail, eau camphrée, vinaigre) qui sont reconnus par le sujet. On emploie, pour les essences et à des titres fort au-dessus du minimum perceptible, des mélanges aqueux et non des solutions alcooliques, afin d'éviter l'odeur gênante de l'alcool ; dans ce cas, l'eau agit mécaniquement en divisant les particules des essences, dont l'excitation à l'état pur serait trop intense.

Enfin on peut mesurer comparativement l'acuité de la sensibilité non olfactive de la muqueuse pituitaire,

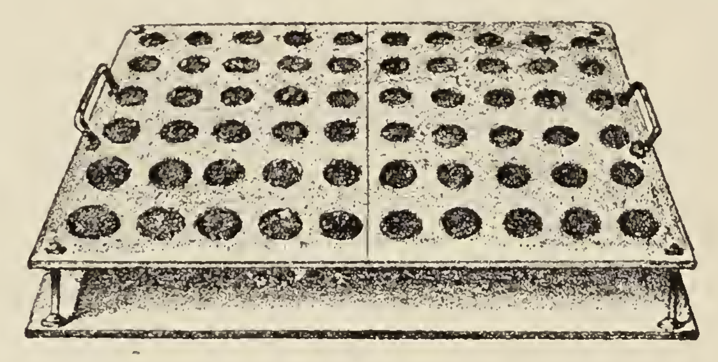


FIG. 20. — Support de l'osmi-esthésimètre de TOULOUSE et VASCHIDE.

par le titre de la plus faible solution d'ammoniaque à 27°, ou d'éther, déterminant une sensation ou une perception.

L'osmi-esthésimètre de TOULOUSE et VASCHIDE, adapté à cette méthode, comprend une série de 54 flacons répondant rigoureusement aux dimensions ci-dessus indiquées (cylindres de 6 centimètres de

hauteur intérieure et 2 centimètres de diamètre intérieur, avec bouchon à l'émeri pénétrant de 1 centimètre) et contenus dans deux supports de cuivre placés dans une boîte de bois. L'un des supports contient les 10 flacons à odeurs diverses. L'autre contient la série des flacons de solutions de camphre, et ceux d'eau éthérée et ammoniacale.



Fig. 21. Flacon de l'osmi-esthésimètre.

Voici, en tableaux, les renseignements sur la boîte de l'osmi-esthésimètre et les symboles employés pour désigner les différentes solutions :

CLASSEMENT DES FLACONS DANS LA BOITE OLFACTOMÉTRIQUE

0	1,1	2,1	E.1	E.2	E.3	E.4	E.5	E.6	1	2
3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	3	4
4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5	6
5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	7	8
6,1	7,1	8,1	9,1	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	9	10

NUMÉROTAGE ET TITRE DES SOLUTIONS OLFACTIVES

ACUITÉ OLFACTIVE

	Camphre.	Eau distillée.
	—	—
1,1	1 p.	100 000 000
2,1	1 p.	10 000 000
3,1	1 p.	1 000 000
3,2	2 p.	—
3,3	3 p.	—
3,4	4 p.	—
3,5	5 p.	—
3,6	6 p.	—
3,7	7 p.	—
3,8	8 p.	—
3,9	9 p.	—
4,1	1 p.	100 000
4,2	2 p.	—
4,3	3 p.	—
4,4	4 p.	—
4,5	5 p.	—
4,6	6 p.	—
4,7	7 p.	—
4,8	8 p.	—
4,9	9 p.	—
5,1	1 p.	10 000
5,2	2 p.	—
5,3	3 p.	—
5,4	4 p.	—
5,5	5 p.	—
5,6	6 p.	—
5,7	7 p.	—
5,8	8 p.	—
5,9	9 p.	—
6,1	1 p.	1 000
7,1	1 p.	100[1]
8,1	1 p.	10
9,1	Camphre pur.	
0	Eau pure.	

RECONNAISSANCE DES ODEURS

	Corps odorant.	Eau.
	—	—
1. Huile.	15cc	0
2. Eau de fleurs d'oranger	15	0
3. Eau de laurier-cerise.	15	0
4. Ess. violette. . . .	10gttes	15cc
5. Ess. rose de Turquie.	1	15
6. Ess. d'anis	5	15
7. Ess. de menthe. . .	5	15
8. Ess. d'ail.	5	15
9. Eau camphrée à 1 0/0.	15cc	0
10. Vinaigre.	15	0

SENSIBILITÉ TACTILE

Eau éthérée.

E. 1.	1 p.	10 000
E. 2.	1 p.	1 000
E. 3.	1 p.	100
E. 4.	1 p.	10
E. 5.		Éther pur.

Eau ammoniacale.

A. 1.	1 p.	10 000
A. 2.	1 p.	1 000
A. 3.	1 p.	100
A. 4.	1 p.	10
A. 5,	Ammoniaque à 22°.	

1. A 1 pour 100 et 1 pour 10, la saturation étant dépassée, il y a un dépôt de camphre au fond du flacon ; aussi n'y a-t-il pas lieu de faire une différence entre ces deux flacons.

Les solutions sont décimales, et comprennent des séries divisionnaires.

Pour la préparation des solutions, on établit une solution mère au millième en mettant un gramme de camphre dans 1 kilogramme d'eau distillée ; on garde la solution dans une bouteille de la contenance d'un litre et hermétiquement bouchée à l'émeri. On la place à l'étuve à 40°, et l'on doit attendre plusieurs jours, en agitant fréquemment, pour que la solution soit complète. Les autres solutions sont facilement préparées à partir de celles-là par la méthode que nous avons indiquée pour les solutions gustatométriques. On doit placer exactement 15 centimètres cubes dans chaque flacon, et boucher hermétiquement aussitôt. Les solutions ainsi préparées ne doivent pas être utilisées pendant plus de huit jours. La solution mère peut être utilisée plusieurs mois.

On peut signaler encore, comme fondée sur un principe très analogue, la méthode de JACQUES PASSY qui, utilisant des solutions à diverses concentrations, en déposait une goutte sur un godet légèrement chauffé et placé au fond d'un flacon de capacité connue. Après quelques instants, l'odeur ayant diffusé dans tout le flacon, celui-ci était ouvert dans la narine du sujet ; on procédait avec des solutions de concentration croissante jusqu'au seuil de sensation.

Mais les solutions étaient alcooliques, alors qu'elles auraient dû être aqueuses, à cause de l'odeur propre de l'alcool ; et le chauffage d'une part, la durée de diffusion d'autre part, devraient être précisés avec une grande rigueur pour que les résultats puissent être

comparables. L'inconvénient de la méthode réside surtout dans la complication des opérations à effectuer en présence du sujet et de la longueur corrélative de l'examen.

Technique. — Le sujet étant assis commodément, les yeux bandés, dans une salle inodore, et où il a déjà séjourné depuis un quart d'heure au moins, on procède à cette explication préliminaire, par exemple dans les termes suivants :

« *Quand je mettrai un flacon sous votre nez, je vous préviendrai en disant : Inspirez ; vous ferez alors une inspiration, naturellement et sans efforts, sans ouvrir ni fermer vos narines. Vous direz de suite et sans réfléchir ce que vous sentez. Si vous ne sentez aucune odeur, vous direz : Rien. Si vous sentez une odeur sans la déterminer, vous direz : Une odeur. Enfin si vous reconnaissez une odeur, vous la nommerez.*

« *Je vous préviens que je vous ferai sentir différentes odeurs, plus ou moins fortes, et parfois des flacons pleins d'eau pure, sans odeur.* »

Il faut faire attention de présenter le flacon après l'avoir secoué 2 ou 3 fois, et laissé débouché durant quelques secondes à distance, pour laisser s'échapper l'émanation olfactive qui a pu s'accumuler.

Il faut aussi opérer dans une pièce où la température reste dans les environs de 15° pour que l'évaporation à partir de la surface, qui est toujours la même, soit constante. On ne saisira également le flacon qu'avec une masse d'ouate, afin de ne pas le chauffer en le tenant dans ses mains.

L'une des narines du sujet étant bouchée par un

tampon d'ouate, on approche le flacon de la narine restée ouverte jusqu'à ce que le bord extrême de l'ouverture du flacon touche la paroi du nez et l'on dit au sujet : « *Aspirez* ». Le sujet doit faire une inspiration moyenne, et, au bout de 3 secondes environ, on retire le flacon. On recommence au bout de 30 secondes. Au bout de 3 ou 4 essais, on donne un repos de 2 minutes, pour éviter la fatigue olfactive, très rapide. On commence avec des concentrations faibles et l'on progresse jusqu'à ce que l'on atteigne les seuils de sensation et de perception. Le flacon d'eau distillée est employé assez souvent à titre d'épreuve.

La manipulation des flacons des solutions odorantes est assez délicate. Il faut éviter que la main qui tient le flacon puisse dégager une odeur appréciable, et pour cela ne pas manipuler directement les flacons mais seulement avec des pinces ou des tampons d'ouate ; il faut prendre garde de tenir les bouchons éloignés, et de ne pas les déposer sur une surface qu'ils mouilleraient. Enfin il faut prendre bien garde que le verre des flacons ne s'imprègne pas d'odeurs émanées de flacons voisins. Aussi est-il prudent d'isoler de l'autre le support contenant les odeurs à reconnaître qualitativement, et dont certaines, très intenses et très tenaces peuvent se répandre si le flacon n'est pas parfaitement bouché. La boîte devra être tenue très propre et on ne devra jamais y laisser de flacons débouchés, et surtout ne pas y renverser de solutions, autrement le bois s'imprégnerait et pourrait imprégner les flacons.

Enfin il faut garder les tubes vides, après un soi-

gneux rinçage, dès qu'on ne se sert plus de l'osmi-esthésimètre.

A ces conditions, on peut déterminer avec une grande rigueur l'acuité de la sensibilité olfactive des sujets.

CHAPITRE IV

MESURE DES SENSATIONS VISUELLES

Les sensations fournies par l'œil sont très complexes et leur étude est délicate. Pour effectuer un examen rigoureux de la vision, il faut une installation et un outillage appropriés, en particulier pour l'étude des sensations lumineuses et des sensations chromatiques ; pour l'acuité visuelle, les méthodes ressortissent davantage à un examen courant ; mais la détermination des champs visuels ne laisse pas d'exiger aussi des conditions d'examen très précises.

L'état physiologique de l'œil, éminemment variable, doit, dans tous les cas, être rendu aussi constant que possible ; car, suivant les conditions d'examen, le même individu peut fournir des résultats extrêmement différents.

La précision de la technique dans ces mesures sera donc poussée assez loin pour que les résultats puissent être comparables.

On fera, bien entendu, toutes les expériences, après correction des anomalies visuelles du sujet, qui portera des verres appropriés : que serait, par exemple, la mesure de l'acuité visuelle d'un myope sans correction de sa myopie ?

I. — Sensations lumineuses.

L'étude de la sensation fondamentale fournie par l'œil, de la sensation de luminosité, est certainement la plus délicate, et elle est très importante si l'on songe que la mesure des intensités lumineuses en physique, par les procédés photométriques, ne s'effectue que grâce à cette sensibilité oculaire et participe ainsi du coefficient variable d'erreur lié à l'appréciation subjective. Ces coefficients d'erreur dans les mesures comparatives ont été déterminés sous forme de seuils différentiels, grâce aux lois de propagation de la lumière considérées comme mathématiquement exactes. C'est qu'en effet les radiations de la lumière n'ont pas une même action sur toutes les modifications chimiques qu'elles provoquent ou qu'elles influencent, et parmi lesquelles se trouve la réaction qui est la base de la sensation subjective de luminosité. Une radiation où prédominent les ondes d'une certaine périodicité peut agir plus sur telle réaction chimique objectivement mesurable et moins sur la réaction rétinienne que telle autre radiation où des ondes plus courtes ou plus longues prédominent.

La véritable photométrie objective sera réalisée le jour où l'on connaîtra exactement la réaction rétinienne et ses lois et où l'on pourra artificiellement la reproduire et la mesurer dès lors avec une précision continue que ne comportent pas les variations discontinues de la sensation provoquée après transmission nerveuse de l'excitation que la réaction rétinienne a

engendrée. Mais nous ne possédons pas encore cette méthode de mesure objective ; aussi la mesure du seuil absolu et du seuil différentiel de la sensibilité lumineuse a-t-elle une importance scientifique considérable. Or elle peut donner, suivant les conditions d'examen les résultats les plus variables ; le seuil différentiel a donné des valeurs extrêmes qui sont entre elles comme 1 et 1 600 ! Les valeurs dépendent en effet de la valeur absolue de l'éclairage, de la grandeur des surfaces, de l'emploi d'un œil ou des deux, de la durée de l'excitation, de l'adaptation préalable de l'œil à l'obscurité ou à la lumière, etc. Il faudra donc rendre très constantes les conditions nombreuses et complexes de l'examen, tant pour la détermination du seuil absolu, ou minimum perceptible, que des seuils différentiels.

A. — *Minimum perceptible.*

La détermination du seuil de la sensation lumineuse pourra se faire par l'emploi d'un dispositif fondé sur le principe du photoptomètre d'A. Charpentier, qui a consacré de longues années à l'étude de la vision. Ce photoptomètre comprend un tube cylindrique à parois intérieures noircies d'une longueur donnée, et fermé, à une extrémité, par un verre dépoli, ou mieux une plaque d'albatrine de 2 millimètres d'épaisseur, à l'autre, par un écran translucide. Cet écran est généralement réalisé par une feuille de papier ou de carton blanc, de bristol ou encore par une plaque d'albatrine, substance fabriquée à Bac-

carat et présentant des caractères optiques très constants.

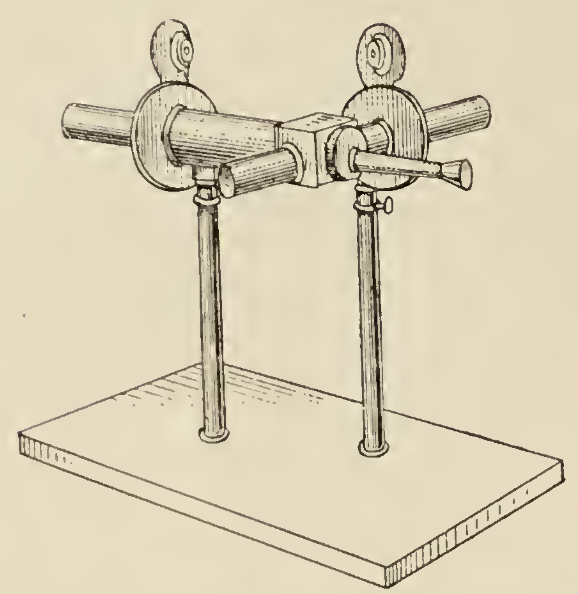


Fig. 22. — Photoptomètre de Charpentier.

Au milieu du tube, se trouve un large objectif divisé par une section plane en deux lentilles plan convexes, la force réfringente de l'objectif étant telle que le verre dépoli et l'écran translucide se trouvent foyers conjugués l'un de l'autre; et, entre les deux moitiés de l'objectif se trouve un diaphragme, un œil de chat de Bouguer à ouverture carrée variable grâce au mouvement de deux lames glissant l'une sur l'autre d'un mouvement égal et contraire en sorte que la surface reste toujours concentrique aux lentilles. Le mouvement des lames est commandé par une vis portant un index qui marque sur une graduation le côté du carré de l'ouverture en millimètres; le carré de ce nombre donne en millimètres carrés la surface laissée libre par l'ouverture du diaphragme. Nous considérons pourtant comme préférable l'emploi de l'œil de chat Blondel, dont l'ouverture est rectangulaire, et délimitée par un diaphragme, lors-

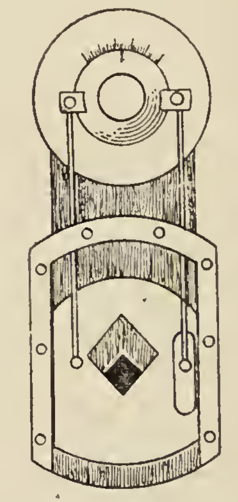


Fig. 23. — Œil de chat de Bouguer.

qu'on est obligé de réaliser des fentes très petites comme pour la détermination du seuil absolu. Le resserrement s'effectue avec une vis sans fin, et les surfaces sont également mesurées en millimètres carrés.

L'éclairement de l'écran, lorsque le verre dépoli sera éclairé, sera proportionnel à cette ouverture et se trouvera également réparti sur toute sa surface si le verre dépoli est lui-même uniformément éclairé ; cette condition sera réalisée en plaçant la source lumineuse au foyer d'une lentille convergente plan-convexe appliquée contre le verre dépoli qui reçoit alors des rayons parallèles provenant de la source lumineuse, et l'écran sera regardé par un tube noirci long de 25 millimètres et formant oculaire.

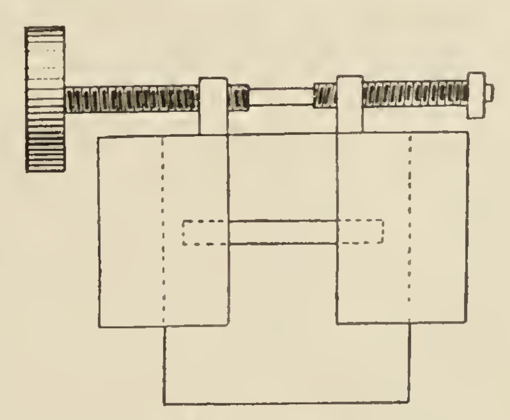


Fig. 24. — Œil de chat de Blondel.

La source lumineuse doit naturellement être constante, et l'on se trouve en présence du problème impliqué par le choix d'une telle source ; or, malheureusement on est obligé de se contenter d'une constance approchée.

On peut conseiller à cet égard l'emploi de l'étalon à gaz ou de la lampe électrique à incandescence.

L'étalon à gaz implique deux becs avec régulateurs de débit ; l'un est formé d'un brûleur Bengel à couronne de trous, à côté duquel un autre bec est constitué par un trou unique, d'où part une flamme mince

et effilée dont la hauteur peut être facilement mesurée; en faisant varier la hauteur de cette flamme, on fait varier l'intensité de la lumière fournie par le brûleur. Mais, comme cette intensité varie avec le gaz employé, on doit comparer photométriquement, par exemple avec le photomètre universel Blondel et Broca [1], les intensités obtenues avec le gaz dont on dispose, par rapport à un étalon plus précis, le Carcel ou la lampe Hefner à acétate d'amyle, ou encore l'étalon Blondel basé sur un liquide comprenant 84 pour 100 d'alcool absolu et 10 pour 100 de benzine cristallisable. Il faut que la flamme brûle dans une pièce de grand cubage d'air et dont l'air doit être renouvelé par des ventilateurs après un temps assez court de combustion du gaz.

La lampe à incandescence, à condition qu'elle ne soit employée que pendant un nombre limité d'heures est la source de choix quand on dispose d'électricité, et, dût-on employer des accumulateurs, on doit toujours arriver à disposer d'électricité. On étalonne où l'on fait étalonner les lampes dont on veut se servir dans un laboratoire industriel pour un ampérage

1. L'appareil monté sur pied comprend deux tubes symétriques à lentille périphérique diaphragmés par l'œil de chat Blondel; deux écrans reçoivent la lumière et leur image est renvoyée par des miroirs rectangulaires dans un appareil binoculaire où l'on peut effectuer la comparaison. L'appareil étant placé de telle sorte que l'étalon et la source à mesurer se trouvent à égale distance des lentilles des tubes correspondant à chacun d'eux, on réalise l'égalité de luminosité des deux plages par la variation d'ouverture des diaphragmes; l'éclairement étant proportionnel à l'ouverture, l'intensité de la source, les deux ouvertures étant connues, est évaluée par rapport à celle de l'étalon.

donné. En employant un courant constant, avec régulation du courant s'il y a lieu, on a une source commode et sûre. En comparant de temps à autre la lampe qu'on utilise avec une autre, qui ne sert pas et qui ne peut donc varier dans l'intervalle, on s'assure du moment où l'intensité baisse et où il faut changer la lampe d'emploi habituel. En employant toujours comme source une lampe dite de 5 bougies, étalonnée en carcels (1 bougie de l'étoile valant 0 carcel 130) et ayant la même valeur d'intensité lumineuse, on pourra, dans des conditions suffisamment comparables, mesurer le minimum perceptible de divers sujets.

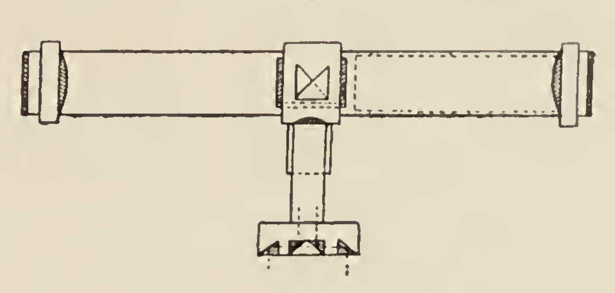


Fig. 25. — Photomètre Blondel-Broca.

Technique. — Le sujet doit rester pendant un quart d'heure avant l'expérience dans la chambre noire, assez vaste, qui est nécessaire pour ces mesures. Il s'adapte ainsi à l'obscurité, l'adaptation ainsi réalisée étant la plus rigoureusement comparable chez des sujets normaux. Le photoptomètre est disposé sur une table, et la lampe à incandescence formant source lumineuse est placée dans une boîte obscure en relation avec le tube de l'appareil en sorte qu'aucun rayon lumineux, en dehors de ceux qui pénètrent dans le tube, ne puisse passer dans la pièce.

On fait tâter au sujet la coquille de l'oculaire où il doit, lorsqu'on le lui dit, appliquer l'œil.

L'œil de chat étant complètement fermé, on le fait

regarder; puis, on fait retirer l'œil, et, en ouvrant peu à peu l'ouverture du diaphragme[1], on fait regarder à nouveau toutes les 20 secondes, pendant une durée de 2 secondes chaque fois ; le sujet doit prévenir du moment où il croit voir une luminosité, si faible soit-elle, de l'écran. De temps à autre on le fait regarder en fermant complètement le diaphragme à titre de contrôle. Lorsque la réponse est constamment juste pour une ouverture donnée, on évalue le seuil d'après la surface d'ouverture, l'unité arbitraire étant fournie, toutes conditions étant absolument constantes, par une ouverture d'un millimètre carré ; le seuil peut d'ailleurs se trouver au-dessous de cette valeur, la sensibilité de l'œil adapté à l'obscurité étant développée au maximum et atteignant une finesse extraordinaire.

B. — *Minimum différentiel.*

La mesure du seuil de différenciation de deux intensités lumineuses s'effectue suivant plusieurs méthodes différentes.

L'une d'elles peut être basée sur l'emploi du photoptomètre différentiel de Charpentier, qui s'obtient en ajoutant au tube du photoptomètre simple une boîte rectangulaire sur laquelle se monte à angle droit un autre tube identique au premier. Deux sources de

1. Pour vérifier les ouvertures du diaphragme, il est nécessaire, si on utilise la vue, de ne pas éclairer l'œil du sujet, ce qui modifierait son adaptation oculaire. Pour cela, on peut recouvrir la tête du sujet avec un voile noir opaque et se servir d'une lampe électrique de poche à faible éclat lumineux.

même intensité sont placées en face de chaque tube, au foyer de la lentille convergente placée contre la plaque d'albatrine ; les œils de chat de chaque tube sont également ouverts. Mais la lumière qui vient du nouveau tube rencontre dans la boîte rectangulaire une lame plane de verre placée en diagonale et qui, réfléchissant les rayons à angle droit les projette sur la surface antérieure de l'écran qui termine le premier tube, tandis que la surface postérieure de l'écran reçoit la lumière de l'autre source. L'œil, au bout de l'oculaire, voit l'écran éclairé par les deux sources, un des éclairements par transmission, l'autre par réflexion diffuse. Mais, pour effectuer une comparaison des deux sources, il faut que chaque moitié de l'écran ne soit éclairée que par une des sources. Dans ce but, on dispose derrière l'écran, sur une de ses moitiés, une feuille de papier noir opaque ; sur cette moitié il n'y aura donc pas d'éclairement par transmission mais seulement par réflexion ; et, pour que l'autre moitié ne reçoive pas de lumière réfléchie, et ne fasse que transmettre la lumière reçue par derrière, on recouvre d'un papier noir opaque la moitié correspondante de la surface diffusible qui termine le tube latéral.

On fait ainsi comparer au sujet les deux sources de lumière, et, en modifiant l'ouverture du diaphragme latéral, on augmente ou on diminue l'intensité de la lumière réfléchie, jusqu'à ce qu'on obtienne la perception différentielle.

Mais nous proposerons un perfectionnement de cette méthode rendant beaucoup plus strictement comparables les deux surfaces éclairées.

Une source unique de lumière, une lampe à incandescence étalonnée, est placée à égale distance de deux prismes à réflexion totale qui renvoient les rayons à angle droit, et parallèlement par conséquent, sur deux lentilles convergentes appliquées contre les surfaces diffusives d'albatrine de deux tubes photoptométriques cylindriques à parois intérieures noircies, avec œil de chat entre les deux lentilles d'un objectif, et une surface d'albatrine terminale, c'est-à-dire deux tubes identiques au photoptomètre simple de Charpentier. Les deux tubes parallèles aboutissent à une boîte rectangulaire terminée par un oculaire. L'œil perçoit la luminosité d'*écrans* identiques éclairés identiquement par une lumière transmise. Les conditions sont rigoureusement déterminées. Le seuil s'établira par la variation d'ouverture de l'un des diaphragmes, diverses intensités étalons pouvant être établies en réglant les deux diaphragmes pour une ouverture initiale déterminée, l'intensité de l'éclairement étant toujours proportionnelle à la surface d'ouverture du diaphragme.

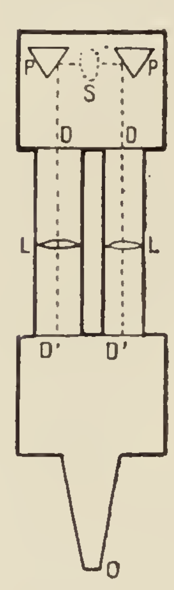


Fig. 26. Photo-esthésimètre différentiel de Toulouse et Piéron.

P, P, prismes; S, source de lumière; D, D, D', D', écrans diffusifs; L, L, lentilles à œil de chat; O, oculaire.

Il nous semble que les mesures obtenues avec ce photo-esthésimètre pourront permettre des comparaisons exactes entre différents sujets, l'écran éclairé ayant toujours la même surface.

Avec un diaphragme fixe placé derrière cet écran,

on pourrait en outre effectuer des comparaisons avec des surfaces plus petites.

Une méthode tout à fait différente, mais très couramment employée, est fondée sur l'emploi des disques tournants, soit qu'on les fasse tourner à la main avec des multiplications assez fortes pour obtenir facilement 1 800 tours à la minute au minimum, soit plutôt qu'on emploie un moteur comme dans le dispositif dont nous avons parlé à propos de la fusion des sensations tactiles, et sur lequel nous reviendrons plus en détail à propos de la fusion des sensations visuelles.

Cette méthode consiste à rechercher quelle largeur angulaire il faut donner à un petit fragment de secteur de papier blanc d'intensité connue, placé sur un disque, donnant, au moment de la rotation, une luminosité d'intensité également connue, pour que l'anneau engendré au cours de la rotation par le papier blanc se distingue du fond. Pour obtenir diverses intensités du fond, on divise le disque en deux secteurs, un blanc et un noir, de coefficient lumineux connu, dont on varie l'étendue angulaire respective ; on peut aussi employer des éclairages d'intensité variable.

Nous indiquerons à cet égard le dispositif qui nous paraît préférable au point de vue pratique pour l'emploi de cette méthode, évitant le collage, sur les disques, de papiers en forme de fragment de secteur concentrique, et de valeur angulaire croissante :

Au lieu d'un disque, on disposera deux disques conjugués, tournant donc toujours avec la même vitesse. On aura deux disques noirs identiques et deux disques blancs identiques, tous munis d'une fente

suivant un rayon. On fera entrer l'un dans l'autre un disque blanc et un disque noir, de telle sorte que par simple glissement respectif autour du centre commun on puisse faire apparaître de chacun d'eux un secteur de l'étendue proportionnelle qu'on voudra, depuis 1° jusqu'à 359°. On fera tourner les disques à la vitesse de 125 à 150 tours à la seconde soit 7 500 à 9 000 tours à la minute au moyen d'un moteur électrique[1]. Et l'on éclairera les disques en plaçant une source étalonnée de lumière à égale distance des centres de chacun d'eux : on emploiera une lampe de 16 bougies, placée en avant des disques, à une distance de 1 mètre de leur plan, et, au-dessus d'eux, à une hauteur de 40 centimètres par rapport au plan horizontal passant par leur centre, à égale distance de ces centres.

Les disques, verticaux, de 20 centimètres de diamètre, seront placés l'un à côté de l'autre, avec un intervalle de 2 centimètres entre leurs bords ; un disque plein et noir sera placé devant chacun d'eux, percé d'une fenêtre en secteur, de 10 centimètres d'ouverture angulaire, mais seulement sur une longueur de 4 centimètres de rayon, l'extrémité de la fenêtre

1. On pourra adopter le chiffre de 8 000 tours. Comme il n'y a avec ce dispositif que deux impressions par tour de disque, la vitesse doit naturellement être grande, et on n'a pas à craindre de dépasser la rapidité au delà de laquelle la fusion s'effectue moins bien : à 9 000 tours en effet on n'a que 300 impressions rétiniennes par seconde, et la fusion complète ne s'établit souvent pas avant 250. Avec un disque assez grand fixé à l'axe du moteur on peut multiplier les vitesses en employant une roue beaucoup plus petite pour la transmission au disque, et atteindre assez facilement ces vitesses très élevées.

s'arrêtant 1 centimètre avant le bord du disque. Un éclat initial, photométriquement évalué, sera déterminé par la combinaison de deux valeurs angulaires pour le secteur blanc et le secteur noir de chaque disque. Les deux disques tournants auront donc même luminosité. Il suffira alors de les arrêter et de changer dans l'un d'eux la grandeur respective des deux secteurs blanc et noir pour modifier en plus ou en moins la luminosité absolue d'un des disques, une fois la rotation reprise. Les modifications se faisant progressivement, on atteindra le seuil différentiel lorsque le sujet reconnaîtra que l'un des disques est plus ou moins lumineux que l'autre.

Technique du photo-esthésimètre à œil de chat. — Le sujet est laissé un quart d'heure à la chambre noire, pour réaliser son adaptation à l'obscurité[1]. Il est ensuite placé, comme pour la détermination du minimum perceptible, en face de la coquille de l'oculaire, et, les diaphragmes étant également ouverts, sur une surface de 25 millimètres carrés, par exemple, on fait regarder au sujet, avec l'œil que l'on veut explorer, d'abord pendant une durée de 5 secondes ; puis, le sujet éloignant l'œil de la coquille, on augmente l'ouverture du diaphragme de droite d'une quantité très minime en se servant de la lampe électrique de poche. Et, au bout de 30 secondes, on fait regarder

1. La lampe se trouve naturellement dans une boîte noircie ne laissant pas filtrer de lumière dans la pièce, comme pour la détermination du minimum perceptible. On peut encore, suivant un dispositif de Piper, placer la source de lumière dans une pièce voisine, la paroi étant percée pour laisser passer les tubes photoptométriques.

à nouveau au sujet en lui demandant s'il note une différence d'éclat. On continue progressivement à augmenter l'ouverture du diaphragme de droite, jusqu'à ce que le sujet reconnaisse une différence (le seuil de sensation se confond ici avec le seuil de perception, la différence d'éclat perçue étant toujours déterminée) ; et de temps à autre on rétablit, à titre de contrôle, l'égalité d'ouverture des diaphragmes.

On peut recommencer en diminuant progressivement l'ouverture du diaphragme de droite. Et l'on peut procéder de même en partant d'une ouverture de 100 millimètres carrés, et d'une ouverture de 400.

Et surtout on explorera successivement les deux yeux. Au point de vue pratique en effet, et tout au moins pour l'œil adapté à l'obscurité, la sensibilité à la lumière des deux yeux s'ajoute, en sorte que la sensibilité binoculaire est presque la somme des sensibilités monoculaires, dont il y a intérêt par conséquent à connaître la finesse respective pour le seuil absolu et pour le seuil différentiel.

Technique du photo-esthésimètre à disques. — Le sujet est placé à 50 centimètres des disques, à égale distance des centres de ceux-ci, l'œil placé au niveau de ces centres. Sur la table portant les disques un écran est interposé, qui les cache à la vue du sujet. On laisse ce dernier un quart d'heure pour obtenir l'adaptation à l'éclairage employé, la source se trouvant placée, d'après les conditions que nous avons déterminées, en arrière et au-dessus de sa tête. On prépare les disques en réglant l'étendue des secteurs de noir et de blanc, qu'on immobilise avec une vis de serrage, de manière à obtenir un certain éclat ini-

tial, évalué en pyrs[1]. Les disques pleins seront disposés de telle façon que les fenêtres s'affrontent, le rayon bissecteur de la fenêtre étant dans le plan horizontal : l'œil du sujet fixera ainsi deux surfaces voisines, dont les bords ne seront éloignés que de 4 centimètres. La vitesse de rotation étant réglée par le jeu du rhéostat, les disques sont mis en rotation. On enlève alors l'écran et l'on demande au sujet de comparer avec un œil, l'autre étant bouché (puis avec l'autre, et si l'on veut avec les deux) les éclats des deux surfaces visibles derrière les fenêtres des écrans fixes. Au bout de 5 secondes on replace l'écran. On arrête les disques, on augmente l'étendue du secteur blanc par rapport au secteur noir d'un degré environ dans le disque de droite ; et, au bout de deux minutes (si l'on arrive à réaliser dans ce temps les manipulations nécessaires), on recommence, les disques étant en rotation, à faire regarder au sujet les deux plages pendant le même temps.

1. La détermination des éclats peut se faire avec le photomètre Blondel-Broca dont nous avons déjà parlé. On forme au moyen d'une lentille une image de la surface à mesurer sur un des écrans, et l'éclat apparent de cette image est égalisé par le jeu des diaphragmes avec celui que donne à l'autre écran la lampe étalon placée de l'autre côté. Une source d'éclat connu ayant permis de tarer l'appareil avec la lampe étalon, on peut connaître l'éclat de la surface à mesurer. L'unité est le pyr par centimètre carré, le pyr correspondant à peu près à la bougie.

Il suffit de déterminer l'éclat du disque noir et celui du disque blanc pour connaître l'éclat résultant d'une combinaison quelconque des secteurs des deux disques ; α étant la grandeur angulaire du secteur blanc, $360^\circ - \alpha$ est celle du secteur noir ; si B est l'éclat du blanc, N celui du noir, on a l'égalité suivante pour l'éclat résultant E

$$E = \frac{B\alpha + N(360^\circ - \alpha)}{360^\circ}.$$

On continue ainsi jusqu'à ce que l'on obtienne, pour une certaine fraction de pyr en plus dans le disque de droite, le seuil différentiel du sujet, lorsque les réponses sont exactes, et que l'on a effectué quelquefois la vérification de contrôle qui consiste à faire tourner les disques en réalisant à nouveau l'égalité de leurs éclats par égalisation des étendues respectives de leurs secteurs noirs et blancs.

On peut refaire la détermination en diminuant progressivement l'éclat du disque de droite, par accroissement de l'étendue du secteur noir.

Enfin on peut encore déterminer le seuil pour un éclat initial double et pour un éclat quintuple de l'éclat initial.

Il est très important de déterminer la fraction différentielle en partant d'un même éclat, lorsqu'on veut comparer divers sujets, car, plus encore que pour toute autre sensation, à l'opposé de ce que croyait Weber, la valeur de cette fraction varie avec l'intensité initiale, et l'on n'a pas établi de loi de cette variation permettant, la fraction étant connue pour une intensité donnée, de calculer ce qu'elle deviendrait pour une intensité différente.

L'éclairement par lumière diffuse du jour, avec 180° de blanc sur le disque, fournit, d'après Aubert, un optimum pour la sensibilité différentielle.

2. — Sensations chromatiques.

A. — *Sensibilité globale à l'intensité chromatique.*

Lorsqu'on veut explorer la sensibilité chromatique globale, la meilleure méthode consiste à employer

des solutions de corps définis, à concentrations données, vues sous épaisseur constante avec un éclairage d'intensité identique.

Le chromato-esthésimètre qu'on emploiera pourra être basé sur la variation de l'épaisseur sous laquelle devront être vues les solutions, ou la variation des concentrations. Ce dernier procédé nous paraît après expérience le plus précis.

On doit disposer de quelques cuves de verre à faces parallèles ayant exactement 1 centimètre de large entre les deux grandes parois parallèles, épaisses elles-mêmes de 1 millimètre. Les autres dimensions sont peu importantes, mais il vaut mieux que les cuves soient petites pour employer des volumes moins grands des solutions.

Un écran noir opaque est percé de deux fenêtres circulaires de 1 centimètre de diamètre, placées à un même niveau, à 10 centimètres de distance l'une de l'autre, du centre au centre. L'écran porte sur une de ses faces un rebord, à 15 millimètres au-dessous de la ligne tangente aux fenêtres circulaires, rebord sur lequel les cuves peuvent être placées.

Derrière l'écran opaque, à 10 centimètres, un écran diffusif est placé, constitué par une plaque d'albatrine de 2 millimètres d'épaisseur.

L'éclairement devra être celui de la lumière du jour, par ciel pur [1]. Pour le graduer, on disposera

1. Les lumières artificielles présentent en effet des différences de composition dans leurs radiations chromatiques fondamentales, et l'intensité relative de ces radiations de longueur d'onde donnée, mesurée par la méthode spectrophotométrique avec l'appareil de Govi, ou, de façon plus précise avec celui de

dans la pièce d'expérience de volets formant diaphragme, dans une certaine mesure, et qui serviront à varier la quantité de lumière pénétrant. On s'assurera avec le photomètre BLONDEL-BROCA que l'on a sur la surface diffusive de l'écran un éclairement d'environ 100 lux.

Les solutions seront préparées dans des flacons au moment de faire une expérience et jetées aussitôt après, car les couleurs d'aniline dont nous conseillons l'emploi s'altèrent extrêmement vite à la lumière. Elles seront versées dans les cuves au moment de les présenter, derrière leur fenêtre respective, au sujet ; puis les cuves seront vidées, rincées à l'eau distillée et rincées avec la solution qu'on devra y verser ensuite, afin d'éviter toute concentration ou dilution.

Les solutions seront préparées avec des éprouvettes de diverse capacité et des compte-gouttes permettant de mesurer des volumes précis ; on devra opérer sur de grandes quantités pour obtenir une précision suffisante quand on recherchera les seuils absolus, car on devra préparer, avec le violet par exemple, des so-

CROVA, montre des différences très importantes par rapport à la lumière solaire, même pour l'arc voltaïque dont la lumière est la plus voisine de la lumière du jour. Presque toutes les sources lumineuses sont trop rouges, parce que leur température est relativement peu élevée et qu'elles manquent de radiations courtes.

Voici par exemple des différences de composition, au point de vue de l'intensité relative des radiations, établies par CROVA pour trois sources lumineuses, en réalisant l'égalité d'éclairement pour le rouge à $\lambda = 0\mu,676$.

	$0\mu, 676$	$0\mu, 605$	$0\mu, 560$	$0\mu, 523$	$0\mu, 466$	$0\mu, 459$
Arc voltaïque. . . .	1 000	707	597	506	307	228
Lumière DRUMMOND. .	1 000	573	490	299	168	73
Lampe CARCEL. . .	1 000	442	296	166	80	17

lutions au cent millionième. On prépare une solution mère au dix millième, d'où on part pour les autres. Cette solution mère, conservée soigneusement à l'obscurité pourra être utilisée quelques semaines. En prenant 1, 2, 3... centimètres cubes de cette solution et en portant, avec de l'eau distillée, à 10, 100, 1 000... centimètres cubes, on obtiendra des solutions à 1, 2, 3... pour cent mille, un million, dix millions, etc.

Pour obtenir les seuils différentiels, il faudra posséder des solutions divisionnaires très proches les unes des autres, ne différant pas de plus de un cent millionième avec des solutions au cent millième. Pour cela, on prendra par exemple 20 centimètres cubes de la solution au dix millième, et on ajoutera 200 centimètres cubes d'eau distillée ; puis, après avoir fait une série de ces solutions, à l'une on ajoutera au compte-gouttes (avec un compte-gouttes donnant exactement les 50 gouttes au centimètre cube) une goutte, c'est-à-dire un cinquantième de centimètre cube à une solution, deux à la suivante, trois à une autre et ainsi de suite.

Les corps que l'on peut employer pour ces solutions sont assez nombreux.

Nous avons choisi les suivants, fournis par la Société des matières colorantes de Saint-Denis[1].

1. Voici quelques données sur certains de ces corps :

Le violet C est le chlorhydrate d'hexaméthyltriphényl carbinol, et cristallise en prismes rhomboïdaux.

Le bleu de méthylène 4 BEE est le chlorhydrate de tétraméthylthionine et cristallise également en prismes rhomboïdaux.

Le vert brillant, sulfate de tétraéthyltriphényl carbinol, a des cristaux prismatiques.

L'orangé 3, qui cristallise en paillettes, est la parasulfobenzol-

Violet C.	Solution mère à	1 p.	10 000
Indigo { Violet / Bleu } ãã.	—	1 p.	10 000
Bleu de méthylène 4 BEE, cristaux.	—	1 p.	100 000
Vert brillant cristaux.	—	1 p.	10 000
Acide picrique (jaune).	—	1 p.	200
Orangé 3.	—	1 p.	2 000
Fuchsine.	—	1 p.	1 000

Mais on peut signaler un certain nombre de corps qui ont été employés par divers auteurs désireux d'obtenir des couleurs pures par filtration de la lumière blanche du jour.

On a signalé pour le rouge une solution de perchlorure de fer dans l'eau, à 38° Baumé ; pour le vert une solution de chlorure de nickel pur dans l'eau à 18° Baumé sous 3 millimètres d'épaisseur ; pour le vert jaune la solution de Crova sous 7 millimètres d'épaisseur (22gr,321 de perchlorure de fer anhydre sublimé et 27gr,191 de chlorure de nickel cristallisé dans 100 centimètres cubes d'eau).

Les solutions de Nagel comportent, pour le rouge, le lithion-carmin employé en histologie, à 1 pour 10 sous 10 millimètres d'épaisseur ; pour le jaune, une solution saturée d'acétate de cuivre acidulée par quelques gouttes d'une solution d'acide acétique, sous 10 millimètres d'épaisseur ; pour le vert, une solution

azodiméthylaniline.

L'acide picrique est le moins satisfaisant des corps employés au point de vue du spectre d'absorption.

La fuchsine A, chlorhydrate de triamidodiphénylétyl carbinol (chlorhydrate de rosaniline), cristallise en octaèdres allongés.

Ces matières colorantes sont fournies par la « Société anonyme des matières colorantes et produits chimiques de Saint-Denis » (Etablissements Poirrier et Dalsace).

saturée neutre de bichromate de potasse avec quelques gouttes d'une solution cupro-ammoniacale pourvue d'ammoniaque en excès ; pour le bleu, une solution diluée de bleu céleste sous 10 millimètres d'épaisseur, ou encore une solution de vert de méthyle additionnée de quelques gouttes de violet de gentiane.

Les solutions de LANDOLT permettent de définir des points chromatiques de longueur d'onde connue.

Voici à cet égard l'indication des concentrations et des épaisseurs déterminées par cet auteur.

COULEURS	SUBSTANCES DISSOUTES	CONCENTRATION (en gr. p. 100)	ÉPAISSEURS (en millim.)	LONGUEURS D'ONDES (en μμ)
Rouge.	Violet cristallisé 5 BO	0,005	20	665,9
	K^2CrO^4	10	20	
Jaune.	$NiSO^4,7H^2O$	30	20	591,9
	K^2CrO^4	10	15	
	$KMnO^4$	0,025	15	
Vert.	$CuCl^2,2H^2O$	60	20	533
	K^2CrO^4	10	20	
Bleu.	Double vert SF	0,02	20	488,5
	$CuSO^4,5H^2O$	15	20	

On pourrait, avec notre méthode, employer, pour les seuils différentiels, ces solutions, avec des cuves de 15 millimètres ou 20 millimètres d'épaisseur intérieure, en cherchant la plus petite différence perceptible à partir de la concentration optima indiquée.

Technique. — L'éclairement de l'écran diffusif ayant été déterminé à la valeur convenue, et les solutions étant préparées dans des flacons, voici comment l'on procédera pour la détermination du seuil absolu : on remplit une cuve d'eau distillée et une autre d'une

solution très faible, et l'on place les deux cuves, sans être vu du sujet, derrière les deux fenêtres de l'écran opaque; un aide peut, pendant ce temps, préparer des cuves avec des solutions un peu plus concentrées, en ne les perdant pas de vue pour ne point les confondre.

Le sujet est invité à regarder pendant cinq secondes les deux cuves et à dire s'il en voit une qui lui paraisse plus colorée et laquelle. On place ensuite, s'il ne reconnaît aucune différence, une solution plus concentrée à la place de la précédente, préparée dans une nouvelle cuve qui est substituée à l'autre. Pendant que le sujet examine et compare à nouveau, l'aide enlève la solution, rince la cuve comme il a été dit (avec de l'eau distillée puis avec la nouvelle solution à mettre) et la remplit avec une nouvelle solution, plus concentrée. On procède ainsi progressivement, en mettant, tantôt à droite et tantôt à gauche, la cuve d'eau distillée, et, de temps à autre, en mettant simultanément, à titre de contrôle, deux cuves d'eau distillée.

On arrive ainsi à déterminer la concentration correspondant au seuil de sensation (reconnaissance d'une coloration) et au seuil de perception (reconnaissance d'une couleur déterminée), en faisant regarder le sujet toutes les 30 secondes.

On procède indentiquement de même pour le seuil différentiel, en plaçant dans une cuve, mise tantôt à droite et tantôt à gauche, la solution étalon, et en plaçant de l'autre côté la série des solutions progressivement plus concentrées ou plus diluées, sans manquer d'effectuer de temps à autre le contrôle consis-

tant à mettre simultanément des deux côtés les cuves contenant toutes deux la solution étalon.

La différence de concentration donnera, quand les réponses seront exactes, la fraction différentielle mesurant le seuil cherché.

B. — *Les limites extrêmes de la sensibilité chromatique.*

Au-dessous et au-dessus d'une certaine longueur d'onde, les radiations sont incapables de provoquer des sensations visuelles, bien qu'elles puissent impressionner la plaque photographique. Mais les limites extrêmes de la sensibilité varient avec les individus. On peut donc avoir à déterminer ces limites individuelles.

Dans ce but, une fente est ménagée dans une chambre noire, en rapport avec l'extérieur, et le trait de lumière blanche qui pénètre se trouve dispersé par un prisme constitué par un flacon prismatique rempli de sulfure de carbone[1]; le spectre est projeté sur un écran blanc au fond de la salle, écran où, toutes conditions restant fixes, on peut marquer un grand nombre de repères avec indication des longueurs d'ondes.

On demande au sujet d'indiquer les points où il cesse, du côté de l'infra rouge comme du côté de l'ultra-violet, de percevoir les radiations chroma-

1. On obtient en effet ainsi, à 2 mètres de distance du prisme, un spectre dont la partie visible s'étale sur une longueur de 58 centimètres; avec un prisme de flint (cristal) de 70°, on obtient dans les mêmes conditions 23 centimètres d'étalement, et 13 centimètres seulement avec un prisme de crown (verre ordinaire).

tiques, et l'on note à quelles longueurs d'onde correspondent ces points. En outre on lui demande s'il n'existe pas pour lui de lacune dans le spectre, lacune sombre rompant la continuité chromatique et révélatrice d'une cécité chromatique partielle.

Comme contrôle, on peut, en arrêtant les radiations avec un écran dans une des régions où le sujet voit ou ne voit pas de couleurs, s'assurer qu'il s'aperçoit ou non de cette obturation partielle.

C. — *La différenciation des tons chromatiques.*

On peut en outre, au moyen des spectres, déterminer les seuils différentiels de la sensibilité chromatique, en ce qui concerne, non plus l'intensité de telle ou telle couleur, mais la nature des différentes couleurs.

On projette dans ce but l'un au-dessus de l'autre deux spectres obtenus dans des conditions identiques, avec un léger décalage pour que les mêmes longueurs d'onde ne soient pas exactement superposées. Appliqués contre la surface blanche où les spectres sont projetés de manière à cacher complètement ceux-ci, sont disposés deux écrans opaques munis d'une fente très étroite (de 1/5 de millimètre d'épaisseur) et de 5 centimètres de haut. Les écrans peuvent être très exactement déplacés au moyen d'une vis sans fin. Il est dès lors possible de disposer la fente de chaque écran devant une zone correspondant à des radiations de même longueur d'onde.

Technique. — On découvre dans une couleur déterminée une zone délimitée par la largeur de la

fente et correspondant à une longueur d'onde type, pour les deux spectres. On fait regarder au sujet pendant 5 secondes, en lui demandant de prévenir quand il notera une différence de couleur dans les deux raies. Après 30 secondes, on le fait regarder à nouveau pendant le même temps après avoir déplacé la fente du spectre inférieur vers la droite ou vers la gauche, et on continue progressivement jusqu'à ce que les réponses exactes du sujet montrent qu'il différencie bien les deux groupes de radiations, un contrôle étant effectué de temps en temps en rétablissant l'identité des raies à comparer.

On remarquera de grandes différences dans la valeur du seuil différentiel suivant les couleurs, la sensibilité étant maxima dans le jaune et le bleu, minima dans le rouge et le vert ; le seuil peut aller de 1/771 à 1/115, d'après Dobrowolski.

Pour choisir les zones étalons à partir desquelles on modifiera le ton chromatique vers les ondes plus courtes ou plus longues, on peut se baser sur les déterminations de Rood concernant les longueurs d'onde caractéristiques du centre des zones colorées spectrales :

	AUTOUR DE
Rouge.	λ = 0μ, 700
Rouge orangé.	0μ, 621
Orangé.	0μ, 597
Jaune orangé..	0μ, 588
Jaune.	0μ, 581
Vert.	0μ, 527
Bleu cyanique, ...	0μ, 496
Bleu.	0μ, 473
Bleu violet.	0μ, 438
Violet.	0μ, 406

D. — *Sensibilité pure aux nuances et aux saturations chromatiques.*

Lorsqu'on détermine la sensibilité différentielle aux tons chromatiques, il peut intervenir une sensibilité différentielle aux simples clartés, qui sont en effet variables avec les couleurs, l'activité chimique des diverses radiations sur la rétine, activité qui est à la base de nos sensations, dépendant de la longueur d'onde des radiations. Le vert et le violet ne diffèrent évidemment pas par la couleur seulement, mais beaucoup par la clarté !

De même la méthode que nous avons indiquée pour la sensibilité globale aux variations d'intensité chromatique implique une différenciation des solutions d'après la couleur, mais aussi d'après la clarté, les accroissements de concentration des solutions diminuant la clarté de ces solutions.

Lorsqu'on veut étudier à part la sensibilité aux purs changements de saturation chromatique, il faut que la comparaison puisse s'effectuer sous même clarté.

Cela est possible avec les solutions, soit en doublant les cuves à comparer d'autres cuves contenant des solutions grises de concentration variable obtenues avec de l'encre de Chine, et en couplant toujours les solutions différemment concentrées du corps colorant par une solution appropriée d'encre de Chine, après avoir établi expérimentalement au photoptomètre les différences de clarté des solutions, et s'être assuré de l'exactitude des corrections.

On peut aussi, en présentant les solutions dans les tubes photoptométriques régler, pour chaque concentration l'ouverture du diaphragme en œil de chat, de manière à réaliser, avec des saturations différentes, l'égalité des clartés [1].

Il est donc possible de faire une étude assez précise de la sensibilité aux saturations chromatiques, soit qu'on veuille déterminer le seuil absolu, soit qu'on vise à obtenir le seuil différentiel. Mais cela ne peut se faire qu'après des études préalables très longues et très délicates.

D'autres méthodes, plus pratiques dans une certaine mesure, mais aussi moins précises, peuvent encore être employées : telle est la méthode des disques.

En employant, comme pour la détermination photo-esthésimétrique, des disques imbriqués les uns dans les autres grâce à une fente en rayon, on peut, à partir de couleurs déterminées, réalisées par peinture à l'huile sur disques, avec des pigments, des couleurs industrielles définies, qui malheureusement contiennent toujours un peu de blanc et ne sont donc pas des couleurs absolument pures, obtenir des variations de saturation, par variation du secteur

1. La comparaison photométrique de lumières différemment colorées ne sera jamais d'une absolue précision : lorsqu'on abaisse également l'éclat d'un rouge et d'un bleu jugés égaux, l'égalité disparaît. Le rouge paraît plus obscurci que le bleu ; en réduisant les surfaces, le rouge aussi est plus atteint que le bleu. Les comparaisons les plus précises se font au spectrophotomètre : on additionne les comparaisons effectuées pour les diverses radiations spectrales composant une lumière donnée ; avec deux couleurs pures différentes le procédé est naturellement impossible

coloré, sur le disque tournant, par rapport à un secteur gris de même clarté [1].

Ce secteur gris s'obtiendra lui-même par une combinaison de deux disques noir et blanc dont on fera varier les secteurs jusqu'à obtenir la clarté convenable.

Avec ces trois disques imbriqués, en donnant, pour varier la saturation, une étendue angulaire décroissante au secteur coloré, à partir de 360° pour la couleur pure, et en combinant dans le secteur restant les valeurs proportionnelles du secteur blanc ou du secteur noir, on obtiendra toute l'échelle des saturations de 360° à 0°, en réalisant toujours une clarté identique.

Pour connaître les proportions de blanc et de noir nécessaires afin d'obtenir le gris de même clarté que la couleur, on disposera sur les deux disques rotatifs conjugués que nous avons sommairement décrits plus haut d'une part le disque coloré, d'autre part les deux disques combinés noir et blanc, et avec un éclairage quelconque on cherchera à égaliser les clartés avec le photomètre Blondel-Broca, suivant la méthode que nous avons indiquée, cette égalisation étant d'ailleurs très délicate pour ces comparaisons hétérochromes, mais non impossible.

La proportion une fois connue du blanc et du noir pour chaque couleur à expérimenter (les couleurs choisies devant être les plus proches des cou-

1. Dans les cas de cécité chromatique il n'y a que des perceptions de toute la gamme du gris, entre le blanc et le noir. Deux couleurs sont différenciées alors, à cause de leurs différences de clarté, comme deux gris inégalement foncés.

leurs pures caractérisées par les longueurs d'onde dont nous avons donné la liste ci-dessus d'après Rood) on pourra étudier le seuil absolu et le seuil différentiel pour la saturation de chacune de ces couleurs.

En outre on pourra étudier la sensibilité différentielle aux nuances, obtenues, comme on le sait, par simple addition de blanc ou de noir à la couleur supposée pure. Les nuances s'obtiendront très facilement, sur le disque tournant, par combinaison d'un secteur coloré et d'un secteur blanc pour les nuances claires, d'un secteur coloré et d'un secteur noir pour les nuances foncées. Mais on doit se rappeler que les variations de nuances entraînent nécessairement des variations de clarté.

Technique. — Pour la détermination du seuil absolu, on disposera sur un des disques conjugués les disques noir et blanc avec valeur proportionnelle des secteurs telle que, à la rotation, on obtienne un gris de même clarté que la couleur choisie. Sur l'autre, celui de droite, on disposera les disques noir et blanc et le disque coloré, dont on laissera apparaître un secteur d'un degré d'abord, et, pour le secteur restant, on gardera les étendues proportionnelles du blanc et du noir fournissant le gris de même clarté. Les disques étant mis en rotation on les découvrira pendant 5 secondes au sujet, qui verra deux plages délimitées par les fenêtres des écrans fixes, et qui devra dire s'il voit une couleur et sur quelle plage. On continuera, toutes les 2 minutes (si l'on arrive à effectuer dans cet intervalle les manipulations) après avoir chaque fois augmenté l'étendue du

secteur coloré, et réalisé toujours la même proportion du blanc et du noir pour le secteur restant.

On procédera ainsi jusqu'à ce qu'on ait déterminé le seuil de sensation (reconnaissance d'une couleur indéterminée), et le seuil de perception (reconnaissance d'une couleur définie). De temps à autre, pour le contrôle, on supprime le secteur coloré du disque de droite, en réalisant le même gris que sur le disque de gauche.

Pour le seuil différentiel, on procède de même, en prenant comme étalon, sur le disque de gauche, une certaine étendue du secteur coloré, et en faisant varier progressivement en plus ou en moins cette étendue sur le disque de droite, en réalisant toujours le gris de même clarté, et, de temps à autre, en rendant identique, pour le contrôle, la saturation sur les deux disques.

Pour le seuil de la sensibilité différentielle aux nuances, on procédera identiquement de même avec les disques noirs ou les disques blancs et les disques colorés : en partant d'une certaine étendue du secteur coloré, fixé sur le disque de gauche, on augmentera ou on diminuera l'étendue du secteur blanc pour les nuances claires, du secteur noir pour les nuances foncées, et l'on réalisera de temps à autre, pour le contrôle, l'identité des deux disques.

Cette méthode évite la fabrication longue et minutieuse de nombreuses solutions, et, bien qu'elle implique toujours des déterminations photométriques délicates faites une fois pour toutes, à cause du peu d'altération des pigments conservés à l'obscurité, permet, dans des conditions relativement pratiques

l'étude précise de la sensibilité pure à la saturation des couleurs[1].

3. — Acuité visuelle.

On appelle « acuité visuelle » la perception discriminative de deux points ou lignes lumineux sur fond obscur, ou obscurs sur fond lumineux, et sa mesure consiste en la détermination de l'angle visuel le plus petit sous lequel doit être vue la distance entre les points ou lignes à distinguer. Cette mesure n'est pas sans importance : c'est en effet en ramenant toutes les perceptions à des différenciations de points ou de lignes qu'on leur donne le caractère scientifique[2].

1. M. Thiéry, professeur à l'Université de Louvain, a réalisé des tableaux de comparaison pour les couleurs qui rendront de grands services surtout pour l'étalonnage : en déterminant le nombre moyen de tonalités distinguées dans le spectre, qu'il a trouvé être de 160, il a réalisé, avec des pigments, ces 160 couleurs, les plus pures qu'il lui a été possible. Puis, sur des tableaux, il a, par addition de blanc et de noir, réalisé 100 nuances pour chaque couleur ; d'autre part, par addition de gris de même clarté, il a, à partir de la couleur saturée, obtenu pour chaque couleur une série de saturations décroissantes jusqu'à disparition complète. Dans chaque nuance de la couleur, il a procédé de même à la désaturation, et a réalisé ainsi par là toute la série des 100 nuances pour chaque saturation. Les 160 tableaux comprennent à gauche, au milieu, la couleur pure, au-dessus toutes les couleurs plus claires, au-dessous toutes les plus foncées, soit 101 nuances en hauteur, et, à partir de ces nuances, 101 lignes allant de la saturation complète à la désaturation absolue. On a ainsi une échelle chromatique de grande portée pratique, très supérieure au code des couleurs de Chevreul.

2. Toutes les lectures de graduations d'instruments, de courbes, etc., sont ainsi basées sur l'acuité visuelle. Cette acuité est en effet la qualité sensorielle la plus comparable chez les différents individus ; elle paraît en rapport étroit avec le diamètre des cônes maculaires, qui est très peu variable d'un homme à l'autre.

On a, depuis 1862, des échelles destinées à la mesure de l'acuité visuelle, des « optotypes ». L'échelle optométrique de Snellen consiste en des lettres majuscules qui doivent être vues, à une distance déterminée, sous un angle de 5′; les éléments constitutifs des lettres sont des carrés noirs dont la surface est le vingt-cinquième du carré total dans lequel est inscrite la lettre ; des carrés blancs de même grandeur séparent les séries de carrés formant les lignes de contour. Les carrés divisionnaires sont vus sous un angle de 1′, considéré comme l'unité de mesure de l'acuité, la différenciation des carrés paraissant nécessaire pour la perception de la forme et la reconnaissance de la lettre. L'acuité sera de 1 lorsque les lettres seront reconnues, étant vues sous l'angle total de 5′, c'est-à-dire à la distance correspondant à cet angle, 5 mètres, ou 10 mètres, ou 15 mètres, etc. Si la distance de reconnaissance est double on dira que l'acuité est double et sera indiquée par 2, si elle est de moitié, l'acuité sera mesurée par 1/2, etc.

Mais, en réalité, la perception de formes complexes, surtout lorsqu'il s'agit de lettres, ne permet pas une mesure exacte de l'acuité. La lettre a en effet une physionomie générale qui lui est propre et qui permet, lorsqu'on a l'habitude de lire, de la deviner, alors qu'on ne peut la percevoir, certaines lettres étant d'ailleurs particulièrement faciles.

L'échelle internationale de Burchardt, qui contient des groupes de points dont l'intervalle blanc est égal au diamètre de leur disque noir, doit être aussi abandonnée, car la preuve de la perception doit être faite par la numération des points, opération difficile, sur-

ajoutée à la perception, et rendant inexacte la mesure de cette dernière isolément.

Beaucoup plus exacte sera l'échelle indiquée par Sulzer, et fondée sur des disques, rayés de blanc et de noir, les raies égales étant de largeur variable. Lorsque la discrimination ne se peut plus faire, le disque paraît uniformément gris. Il suffit alors, pour s'assurer de l'exactitude des perceptions du sujet, de disposer, au milieu des disques striés, des disques gris donnant la même clarté et de demander au sujet de désigner les disques gris et les disques striés. En outre, on peut, bien que cela fasse déjà appel à une opération plus complexe, demander au sujet d'indiquer la direction des stries, qui variera dans chaque disque [1].

C'est à une opération analogue que font appel les échelles fondées sur des crochets dont on doit indiquer la direction ou les cercles interrompus en un point qui doit être signalé. Cette dernière méthode, celle des cercles de Landolt, a été adoptée par le Congrès d'ophtalmologie, tenu en 1909, pour fonder une échelle d'unification dans la mesure de l'acuité visuelle.

Cette unification constituerait un réel progrès sur les habitudes actuelles, mais elle est destinée à assurer une valeur clinique et non véritablement scientifique utilisable pour la psychologie sensorielle. La lumière du jour, adoptée pour l'éclairage, n'est pas suffisamment définie, alors que l'intensité de la lumière joue un très grand rôle dans la détermination de l'acuité

1. Voir les tests, page 285.

visuelle, à la fois en ce qui concerne l'éclairage des tableaux regardés par le sujet, et l'éclairage ambiant qui influe sur le diamètre d'ouverture de la pupille : l'acuité augmente avec la luminosité relative de la surface à regarder, elle est d'autant plus forte que cette surface est plus éclairée et qu'il y a moins de lumière ambiante. Les conditions d'éclairage doivent donc être rigoureusement définies.

Faut-il maintenant adopter la notation de l'acuité par unités suivant la méthode ophtalmologique ? Cette unité fondée sur l'angle de 1′ repose sur une moyenne assez vague, déterminée en des conditions mal définies. Le véritable *minimum separabile* paraît être un angle de 30″, fournissant une étendue linéaire rétinienne de $0^{mm},002$ ou 2μ, correspondant au diamètre moyen d'un cône dans la région maculaire. Mais il serait dangereux de prendre cet angle pour unité, étant donné les confusions qui ne manqueraient pas de se produire avec la notation habituelle. Les résultats seront très exactement et très simplement notés par indication de la valeur de l'angle correspondant au *minimum separabile*[1].

Constitution de l'optotype. — On adoptera une échelle de SULZER, ou l'on constituera, de préférence, un optotype sur ce principe, mais de la façon suivante : on fera tracer sur un tableau de carton, ou

1. Des déterminations de l'acuité visuelle pour les diverses couleurs pourraient être faites par la méthode de SILFVAST, consistant à mesurer la distance à laquelle des orifices lumineux, percés dans un écran, disposés en séries parallèles, et éclairés par des verres ou des solutions appropriées, cessent de se confondre en lignes continues.

mieux (à cause du jaunissement inévitable) sur une plaque de tôle émaillée, une série de disques de même diamètre (25 millimètres) striés de raies noires équidistantes, la distance étant égale au diamètre des raies. Le diamètre de ces raies sera tel qu'elles seront vues sous un angle de 30″ aux distances suivantes : 5 mètres pour la première ligne, $7^{m},50$ pour la seconde, 10 mètres pour la troisième, 15 mètres pour la quatrième, 20 mètres pour la cinquième, 30 mètres pour la sixième et 40 mètres pour la septième, c'est-à-dire que les lignes noires et les lignes blanches constituées par leur intervalle auront respectivement $0^{mm},72$, $1^{mm},09$, $1^{mm},45$, $2^{mm},18$, $2^{mm},90$, $4^{mm},35$ et $5^{mm},80$, ou pratiquement, 7, 11, 14, 22, 29, 43 et 58 dixièmes de millimètre. Le nombre des stries sera donc environ de 36, 23, 17, 11, 9, 6 et 4.

L'intervalle vertical entre les lignes de disques sera de 30 millimètres, l'intervalle horizontal entre les disques de 15 millimètres. Il y aura 7 disques par ligne, 2 gris et 5 rayés, le gris étant de même clarté que celui résultant à grande distance de la fusion des stries noires et blanches. La direction des stries sera verticale dans deux des 5 disques, horizontale dans un autre, inclinée de 45° à droite dans un quatrième, de 45° à gauche dans le cinquième. La distribution des disques gris et des disques striés des diverses orientations sera différente dans chacune des 7 lignes de l'optotype.

Technique. — L'échelle optométrique se trouvera suspendue à un mur, au fond d'une chambre noire, de telle façon que, le sujet étant debout, la ligne hori-

zontale du regard aboutisse à peu près au centre de la ligne médiane.

L'éclairage sera obtenu par des foyers lumineux situés en avant et au-dessus de l'optotype, avec réflecteurs rabattant la lumière sur cette seule surface, le reste de la pièce demeurant obscur : la surface éclairée devra avoir un éclairement constant, mesuré au photomètre Blondel-Broca, et qui pourra être fixé à 75 lux.

La salle ayant une largeur de 8 mètres au moins, le sujet, après un quart d'heure d'adaptation à l'obscurité, se tiendra debout, la tête appuyée contre un appareil fixe-tête de telle façon que les yeux se trouvent à $7^{m},50$ du plan de l'optotype. Pour cela, on marque sur le sol la distance de $7^{m},50$. Et, avec une règle mobile graduée en centimètres, on place le fixe-tête de telle façon que l'occiput soit situé au-dessus d'une division correspondant à la distance entre l'orbite et l'occiput approximativement mesurée avec le compas-glissière utilisé en anthropométrie.

On demande au sujet de désigner dans tout le tableau les disques qui lui paraissent striés et ceux qui lui paraissent gris ; on peut en outre lui demander d'indiquer les directions des stries. On note quelle est la ligne la plus élevée où les stries ne soient pas distinguées ; on fait alors avancer progressivement le fixe-tête, de manière à rapprocher le sujet à des distances de plus en plus faibles jusqu'à ce que sur cette ligne aussi les stries soient différenciées. On note la distance à laquelle se trouve le sujet et l'on mesure l'angle correspondant au *minimum separabile* par un calcul très simple, la distance *d* constituant le rayon

d'une circonférence, dont la largeur des stries sur la ligne envisagée constitue un fragment. Le rayon mesuré en dixièmes de millimètres et multiplié par 2π ou 6,283, donne le nombre de dixièmes de millimètres correspondant à 360° ou 1 296 000. Si l'on appelle *n* cette longueur de la circonférence, et *s* la largeur des stries mesurées en dixièmes de millimètres, l'angle correspondant à *s* équivaudra à

$$\frac{s \times 1\,296\,000}{n}.$$

4. — Champ visuel.

Si, normalement, la vision s'effectue surtout au moyen de la tache jaune, les autres régions rétiniennes sont cependant susceptibles de fournir des données sensorielles souvent utiles.

Dès lors la distribution sur la surface de la rétine de la sensibilité visuelle peut être intéressante à explorer, les mesures précédentes étant toutes supposées faites avec fixation centrale des objets présentés.

La détermination clinique du « champ visuel » est courante, et peut s'effectuer avec une certaine précision au moyen du « périmètre ».

Cet appareil consiste en un demi-cercle gradué, de 30 centimètres de rayon en général, pouvant tourner autour d'un axe devant un cercle gradué. Un appui, où le sujet pose le menton et de hauteur réglable, permet de placer la tête dans une position telle que l'œil dont on veut explorer le champ soit au centre de l'hé-

misphère engendré par la rotation du demi-cercle périmétrique. L'œil fixant le milieu du demi-cercle, si l'on introduit un objet, un carré de papier blanc par exemple à la périphérie et qu'on l'approche progressivement le long du cercle, un moment vient où il est perçu. On note alors à quel degré correspond la position de l'objet à ce moment, degré mesurant l'angle entre la direction du regard et la direction des rayons émanant de l'objet et aboutissant à l'œil. La position du cercle étant déterminée d'autre part, on peut marquer le point ainsi repéré sur une feuille de papier où l'on aura inscrit une projection de l'œil et des cercles concentriques engendrés par la rotation du périmètre. Une série de ces points ainsi déterminés, dans les diverses positions du périmètre, permet de tracer une limite continue à l'intérieur de laquelle se trouve le champ de perception rétinienne, le champ visuel.

Pour faciliter l'inscription, au lieu d'une projection exacte, on a adopté une figure où les cercles concentriques, de 10° en 10°, sont équidistants ; sans cela le rapprochement des cercles périphériques rendait moins apparentes les délimitations exactes du champ.

Cette méthode peut être adoptée dans son principe, mais elle doit être employée dans des conditions particulièrement précises pour avoir une valeur rigoureuse, car les variations d'éclairement jouent un rôle énorme dans les limites apparentes du champ visuel, qui devra toujours être exploré dans des conditions strictement identiques.

La méthode n'est d'ailleurs pas indispensable pour la détermination de toutes les formes de la sensibilité

visuelle dans des régions périphériques de la rétine : au lieu de se demander en effet quelles sont les limites extrêmes de la sensibilité, on peut se demander quelle est l'acuité sensorielle en chaque point de la rétine. Pour cela, au lieu de garder l'œil immobile et de faire varier la position des tests, il est plus simple de se contenter de faire varier la position de l'œil, qui fixe un point lumineux que l'on éloigne progressivement selon des valeurs angulaires croissantes. Grâce à ce procédé, on peut, avec les méthodes que nous avons signalées explorer au moyen des disques tournants la sensibilité lumineuse et chromatique, et l'acuité visuelle[1] aux différents points de la rétine. L'acuité décroît vite au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la macula, mais la sensibilité lumineuse est plus grande dans diverses régions rétiniennes que dans la tache jaune, aussi, et l'on doit se défier de cette tendance, on fixe généralement avec une région légèrement périphérique les surfaces peu lumineuses qu'on regarde dans l'obscurité.

Pour la détermination des limites extrêmes de la sensibilité lumineuse et de la sensibilité chromatique, on usera du périmètre, mais en y apportant des perfectionnements destinés à en rendre l'emploi plus précis.

1. L'acuité peut se déterminer avec fixité de l'œil en cherchant en chaque point de la rétine de combien il faut écarter 2 fils fins pour qu'ils soient distingués. Cette mesure peut se faire au périmètre pour les régions périphériques, mais pour les régions centrales il faudrait éloigner beaucoup l'appareil porteur des fils afin de réaliser un angle assez petit avec un écartement mesurable. La macula distingue des écartements 150 fois moindres que les régions rétiniennes périphériques !

Le demi-cercle périmétrique[1] d'une largeur de 10 centimètres environ, étant muni d'une fente médiane sur toute sa longueur et de deux rainures, pourra recevoir une boîte rectangulaire qui glissera en forçant dans les rainures. Dans cette boîte une lampe à incandescence étalonnée constituera une source lumineuse éclairant une surface diffusante d'albatrine dont un carré de 1 centimètre de côté seulement sera visible dans la fente du cercle périmétrique En donnant toujours un même éclat à la surface ainsi éclairée (éclat de 5 pyrs par exemple), on pourra exercer une impression toujours la même. La fixation de l'œil s'effectuera sur un point lumineux apparaissant au centre de l'arc périmétrique (orifice circulaire de 1 dixième de millimètre de diamètre, éclairé par une lampe à incandescence très faible de quelques bougies). Un cercle évidé autour de ce point permettra de regarder l'œil du sujet.

Pour explorer les limites des sensibilités chromatiques, les champs des couleurs, on interposera les verres ou solutions de NAGEL dans la boîte glissant dans les rainures, entre la lampe et le diffuseur, en réalisant chaque fois un même éclat, mesuré au photomètre : sans cela, en effet, des différences apparentes dans les étendues respectives des champs chromatiques pourraient ne représenter que des différences dans l'étendue relative des champs pour des clartés inégales.

L'on pourra encore employer le périmètre-photoptomètre de POLACK, qui est très satisfaisant.

1. En réalité il faut que l'arc dépasse le demi-cercle de 20° de chaque côté et ait en totalité 220°.

Cet appareil se compose d'un arc périmétrique sur lequel se déplace un support dont les mouvements

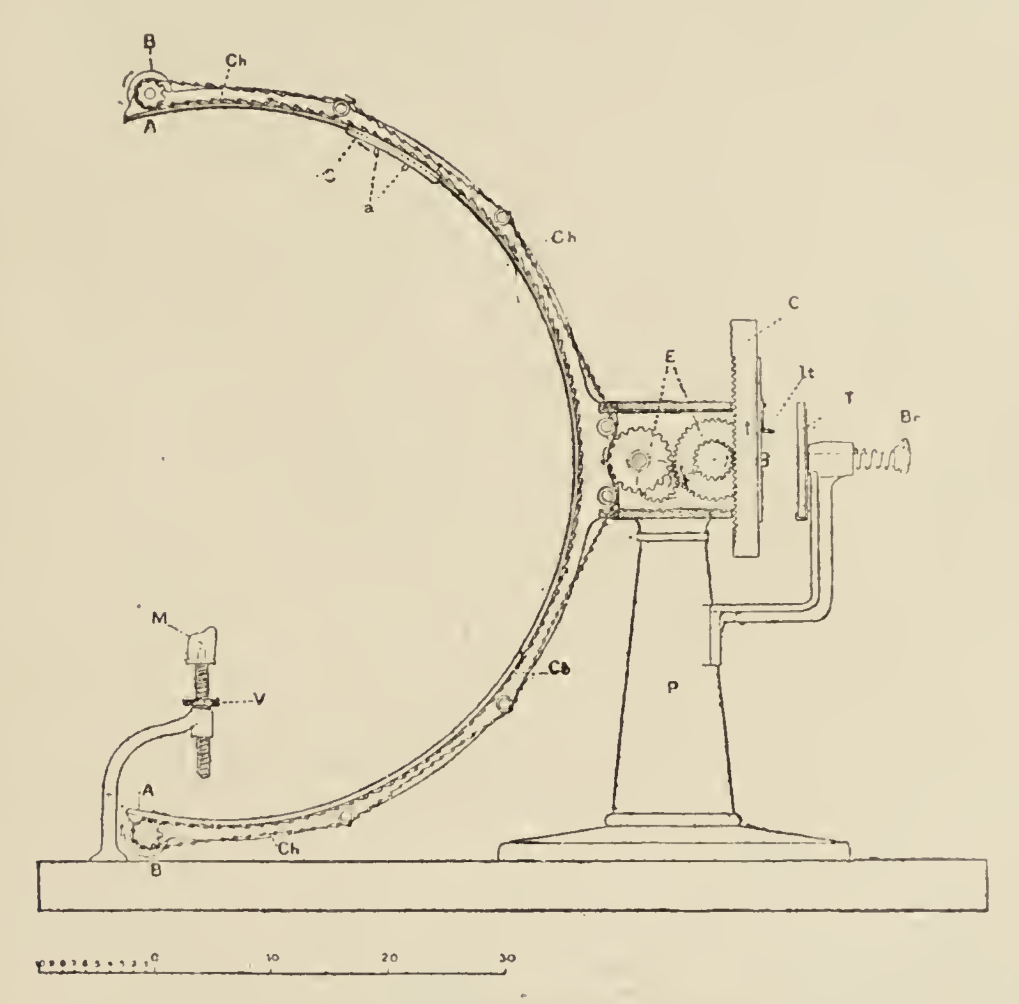


Fig. 27. — Périmètre de Polack.

A, A, A, arc périmétrique ; B, boutons molletés pour la mise en marche du curseur C ; *a*, coulisse de fixation pour le photoptomètre ; *Ch*, *Ch*, chaîne de transmission ; E, engrenage ; C, crémaillière avec lettres *lt*, pour l'enregistrement automatique ; T, tablette-support pour le schéma du champ visuel ; *Br*, bouton à ressort pour appliquer la tablette contre les lettres ; P, pied de l'appareil ; M, appui-menton avec écran V pour régler la hauteur.

sont transmis par une chaîne Galle et par un système d'engrenage à une crémaillière portant des caractères d'impression, de sorte qu'un coup sec sur un bouton

permet d'appliquer un schéma de champ visuel en carton, placé contre une paroi rigide, sur le caractère qui imprime un point correspondant à la place des supports. La rotation de l'arc déplaçant le caractère

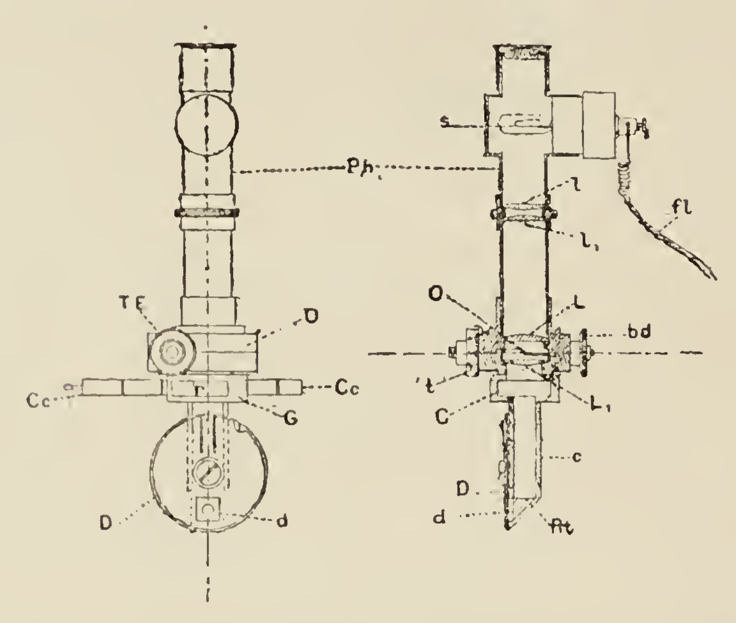


Fig. 28. — Photoptomètre de Polack adaptable au Périmètre, vu de face et en coupe.

D, disque des diaphragmes réglant la surface du diffuseur *d* qui sert de test-objet au périmètre, R*t*, prisme à réflexion ; Cc, châssis avec cuves contenant les solutions filtrantes de Nagel ; G, glissière du châssis ; *r*, ressort donnant le point d'arrêt pour chaque solution colorée du châssis ; O, œil de chat Blondel (diaphragme) ; *bd*, bouton réglant l'ouverture du diaphragme, enregistrée sur le tambour *t* ; *s*, source lumineuse, au foyer du système $l\,l^1$ (la face plane de l^1 étant dépolie) ; LL^1, lentilles plan-convexes placées de chaque côté du diaphragme, et ayant leurs foyers respectifs en l^1 et en R*t* ; *fl*, fils conducteurs pour la lampe électrique formant source de lumière.

imprimeur par rapport au schéma du champ, toute position est exactement repérée en distance angulaire par rapport à la verticale et en distance rayonnante par rapport au centre du cercle de projection du schéma. Cela facilite la notation dans l'obscurité.

Sur le support, se monte un photoptomètre avec

diffuseur antérieur éclairé par la lumière blanche filtrant à travers l'eau distillée, ou par des lumières monochromatiques, rouge, verte ou violette, par filtration à travers des cuves contenant les solutions de NAGEL sous 1 centimètre d'épaisseur et hermétiquement closes, ce qui permet de les incliner de façon quelconque.

L'intensité lumineuse est graduée par un œil de chat BLONDEL, et d'autre part un diaphragme tournant à orifices circulaires de diamètres différents permet de faire varier la surface diffusante de 1 centimètre à $0^{cm},01$ de diamètre.

Une petite lampe à incandescence fonctionnant sous 4 volts, avec accumulateurs, ou toute autre lampe marchant sous un potentiel quelconque, est placée dans le tube du photoptomètre pour constituer la source lumineuse.

Un appui-menton, un point phosphorescent placé au milieu de l'arc et pouvant être rapproché de l'œil, ainsi que le photoptomètre, à l'aide de rallonges, et enfin un tube ajustable au photoptomètre et servant pour les examens à la lumière, complètent l'appareil.

L'observation de l'œil très faiblement éclairé ne peut se faire que latéralement ; pour les différentes couleurs, on doit bien entendu déterminer une fois pour toutes les ouvertures relatives de diaphragmes qui, pour une intensité donnée de la source, permettent de donner une égale clarté à la surface diffusante monochromatique ou blanche.

Le glissement des cuves se fait au moyen d'un mécanisme simple, par rotation d'un bouton, facile à manier dans l'obscurité.

Enfin, pour la mesure de l'acuité visuelle en différents points du champ, on peut remplacer le disque-diaphragme à ouvertures circulaires par un disque dit « éidoptométrique » permettant de donner à deux points lumineux (dont on peut graduer l'intensité avec l'œil de chat) un écartement variable, allant de $0^{mm},1$ à 9 millimètres, le diamètre de chacun des points étant de $0^{mm},1$: cela permet une exploration dans un champ compris entre des étendues angulaires de 5° à 45° par rapport à la fovéa, dans les cas de distribution normale de l'acuité.

Technique. — Le sujet, étant adapté par un séjour d'un quart d'heure à l'obscurité, est placé au centre du périmètre, un œil fermé, l'autre regardant le point lumineux fixe, la tête appuyée sur le support à la hauteur convenable pour que le regard soit horizontal. Un aide, regardant par la rainure évidée entourant le point lumineux, regardera l'œil du sujet, éclairé par ce point et s'assurera de la constance de sa fixation centrale[1]. Le demi-cercle périmétrique étant disposé verticalement, la boîte sera placée au voisinage du centre dans les rainures, la lampe éteinte. La position de la boîte étant repérée au moyen d'une lampe électrique de poche, on prévient le sujet de faire attention et on allume subitement la lampe au moyen d'un commutateur et on l'éteint au bout d'une seconde, c'est-à-dire à peu près aussitôt. Le sujet doit dire s'il a perçu directement l'éclat lumineux.

1. Cette fixation est grandement facilitée lorsque le sujet appuie fortement son doigt au point qu'il doit fixer ; cette position entraîne en effet un réflexe oculaire tendant à diriger le regard vers le doigt.

Si le sujet perçoit en effet, on éloigne la boîte d'un nombre donné de degrés, l'on recommence en prévenant le sujet, et ainsi de suite, en prévenant parfois le sujet sans allumer la lampe, à titre de contrôle, et ce jusqu'à ce que, pour une position donnée sur laquelle on revient à deux ou trois reprises, on constate la cessation de la perception directe certaine de l'éclat lumineux.

La mesure ainsi obtenue est plus constante que celle qu'on obtient en commençant à la périphérie du champ et en rapprochant le point lumineux jusqu'à perception ; mais le champ se trouve nettement plus grand : on pourra le déterminer aussi, par comparaison, en employant la marche inverse, mais il importe en tous cas, lorsqu'on donne ses résultats, de bien indiquer la manière dont on a procédé, puisqu'elle influe nettement sur les valeurs obtenues.

Après avoir déterminé et repéré le point correspondant sur un schéma de projection, on recommence, non plus en haut, mais en bas de l'arc périmétrique.

Puis on tourne d'un certain nombre de degrés (15 par exemple) l'arc périmétrique et l'on fait encore 2 déterminations. Et l'on continue ainsi jusqu'à ce qu'on ait déterminé le champ tout entier. Mais il importe que l'œil du sujet ne se déplace pas, toute mesure devant être annulée quand l'aide s'est aperçu d'un mouvement oculaire.

Le champ visuel ayant une extension variable suivant l'attention du sujet, ce qui explique souvent des différences dans les déterminations du champ faite à des moments différents, on devra prendre bien garde

à ne pas fatiguer cette attention. Les éclats se succéderont à 30 secondes d'intervalles, avec repos de 2 minutes, au bout d'une dizaine.

La technique est exactement la même pour la délimitation des champs chromatiques que pour celle du champ lumineux.

5. — Persistance des impressions lumineuses.

La détermination de l'acuité visuelle permet de connaître le *minimum separabile* spatial, la distance nécessaire entre deux impressions rétiniennes pour qu'elles ne soient plus confondues ; mais il existe aussi un *minimum separabile* temporel, un certain intervalle entre deux impressions consécutives sur un même point de la rétine pour que ces deux impressions puissent être distinguées.

Il y a en effet une certaine persistance des impressions lumineuses ; il y a certainement aussi un temps perdu, mais tellement court qu'il nous est impossible de le mesurer : on n'a pas pu trouver pour la vision — et c'est le seul sens qui soit dans ce cas — une excitation assez brève pour qu'aucune sensation ne soit provoquée dans ce court laps de temps ; une étincelle électrique donnant un éclat d'une durée d'un millionième de seconde environ, provoque déjà une sensation lumineuse, qui, par suite de la persistance des impressions, affecte une durée très appréciable [1].

1. Mais, en revanche, l'intensité apparente des éclats lumineux croît avec leur durée, lorsque ces durées sont très courtes, inférieures à un cinquième de seconde.

C'est sur cette persistance qu'est fondé le jouet dit zootrope ou phénakistoscope de Plateau, et qu'est fondé le cinématographe.

De nombreuses méthodes permettent, mais dans des conditions sensiblement différentes, de mesurer cette persistance. On a par exemple placé un point lumineux sur une branche de diapason vibrant avec une périodicité variable, réglable au moyen de masses (Dupont) : on calculait facilement le nombre d'impressions à la seconde au moment où le point commençait, en faisant croître le nombre de vibrations, à apparaître comme une ligne continue.

La méthode la plus utilisée est celle des disques rotatifs qui a été utilisée en France par Pierre Janet.

On pourra se servir d'un des disques tournants recouverts d'un disque fixe percé d'une fenêtre, et utilisés pour les études des sensations lumineuses et chromatiques.

On fera appel à la fusion de deux couleurs complémentaires donnant une sensation de lumière blanche, ou de préférence à celle de blanc et de noir donnant une sensation grise.

Mais il est important d'avoir un éclairage défini : on procédera exactement, dans ce but, comme nous l'avons indiqué pour la mesure du minimum perceptible et du minimum différentiel des couleurs.

Les secteurs alternatifs du disque tournant, rouges et verts, ou blancs et noirs, auront une valeur angulaire de 36°, de manière à provoquer dix impressions par tour de disque, ce qui facilite les calculs.

Nous allons donner ici quelques détails sur un mode possible de mise en rotation des disques, ce

que nous n'avons pas fait encore en parlant du dispo-

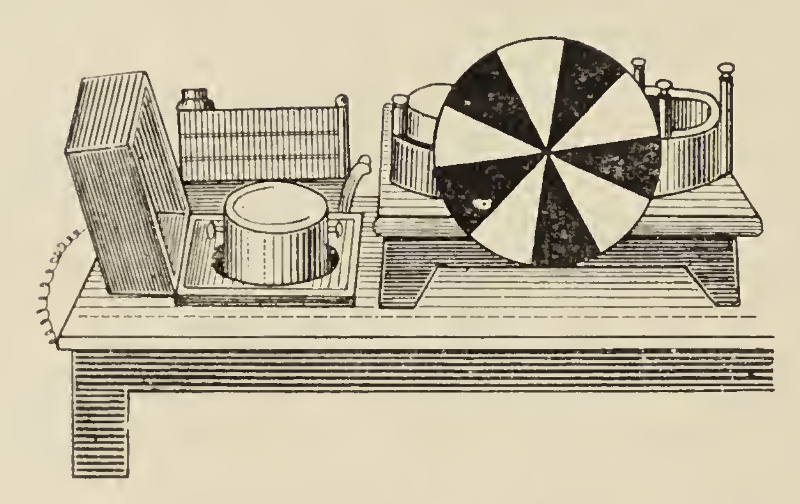


Fig. 29. — Dispositif de Pierre Janet, vu de face.

sitif, et en nous fondant sur celui qui a été adopté par Pierre Janet.

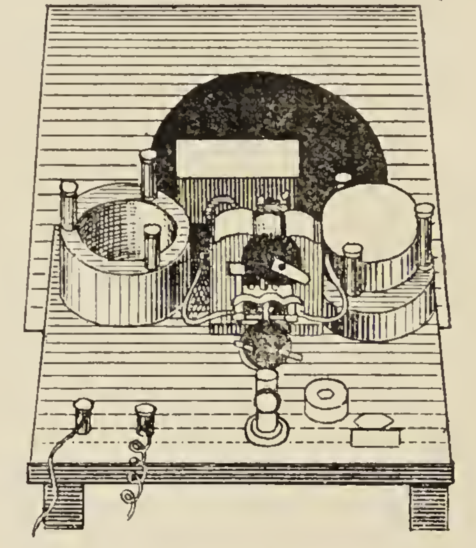


Fig. 30. — Dispositif de Pierre Janet, vu de derrière.

On dispose un moteur électrique sur une ligne de courant, avec un rhéostat pour régler le voltage, qui est mesuré par un voltmètre; le rhéostat permet de donner un certain nombre de vitesses au moteur, mais des vitesses toujours assez rapides. Pour faire tourner le disque à des vitesses lentes il faut l'engrener sur des roues à nombre variable de dents comme pour la rotation des cylindres enregistreurs.

Enfin, pour obtenir des variations très faibles et

progressives de vitesse, on peut, au régulateur de Foucault destiné à régulariser la rotation, adapter une vis de serrage comme l'a fait Pierre Janet, ou mieux

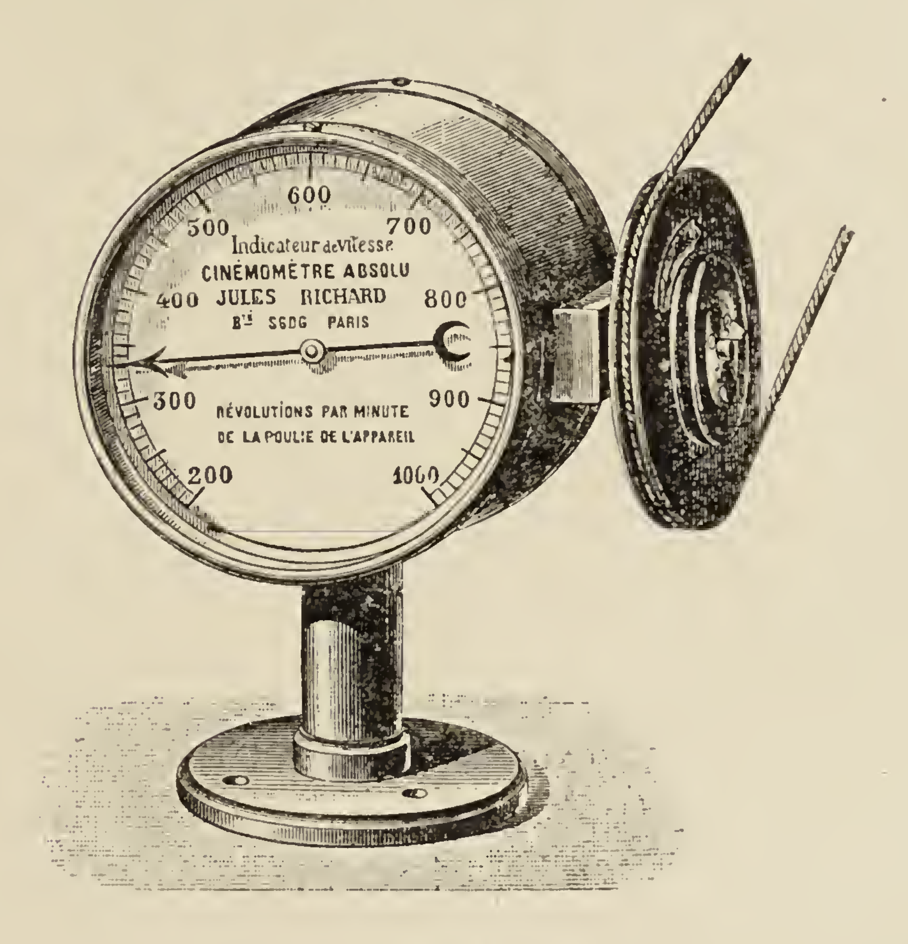


Fig. 31. — Cinémomètre de Richard.

utiliser le régulateur de Pickering, qui est très supérieur au régulateur de Foucault et qui, par ses variations progressives, assure des rotations à vitesses croissantes ou décroissantes avec une grande précision.

Mais il faut connaître les vitesses de rotation qui peuvent être ainsi augmentées ou diminuées de façon continue depuis un tour par minute jusqu'à dix mille environ.

Pierre Janet a, dans ce but, utilisé un compteur de tours joint à un chronomètre marchant, quand on le met en marche, pendant 20 secondes, de telle sorte que les tours ne s'enregistrent que pendant la marche du chronomètre, provoquée par la pression d'un bouton. Lorsqu'on appuie sur ce bouton, le compteur s'arrête au bout de 20 secondes, en vous indiquant le nombre des tours effectués dans ce laps de temps par l'axe du moteur.

En connaissant l'engrenage qui relie le moteur au disque, on sait à combien de tours du disque correspond le nombre donné de tours du moteur. Ce nombre de tours du disque multiplié par 10 fournit le nombre des impressions rétiniennes qui se sont produites en 20 secondes. En divisant par 20 on en connaît le nombre par seconde.

Plus pratique sera l'emploi du compteur de tours très ingénieux de Richard, à cadran, ou à dispositif inscripteur. Ce « cinémomètre » permet de connaître à chaque instant avec exactitude (à 2 près environ) le nombre de tours à la minute d'un disque annexé et qui est mis en rotation d'une façon quelconque avec le moteur[1].

1. La mesure n'exige donc aucun intervalle de temps, ce qui facilite et hâte les expériences, et, en connaissant les multiplications, permet de connaître la vitesse d'un disque quelconque mis aussi en relation avec le moteur. Le cinémomètre n'exige qu'une force très faible et négligeable. « Il se compose, suivant la description du constructeur, de deux plateaux circulaires tournant en sens contraire en fonction du temps et faisant rouler entre leurs surfaces une roulette qui se trouve éloignée de leur centre proportionnellement au nombre de tours de la machine. Cet éloignement est obtenu au moyen d'une roue à fente hélicoïdale, qui agit à la façon d'un pignon menant une crémaillère

Une méthode générale beaucoup plus précise sera fondée sur l'emploi du tachistoscope de MICHOTTE, récemment construit par cet auteur, et dont voici le principe, qui n'est point nouveau, et le dispositif, extrêmement ingénieux et précis.

L'appareil permet de donner, non seulement une, mais deux expositions rapides d'objets différents, au même point de la rétine, avec un intervalle de temps quelconque entre les deux excitations.

Les deux objets, quels qu'ils soient (ils peuvent avoir un peu plus de 3 centimètres carrés), se font face en O′ et O″ (fig. 32). Devant chacun d'eux, se trouve un disque métallique (P′ et P″) percé d'une ouverture segmentaire dont on peut varier la grandeur, ce qui, avec une vitesse constante de rotation, permet de faire varier la durée d'exposition ; en prenant des disques de 90 centimètres de diamètre, on arrive à une exposition à peu près simultanée de tous les

ou une vis sans fin dans le prolongement de laquelle est calée la roulette. Les plateaux, mus par une petite quantité de mouvement, fournie par la machine, et ayant une vitesse rendue rigoureusement constante par un régulateur, ont pour effet, en faisant tourner la roulette sur elle-même, de dévisser la vis sans fin dans la roue hélicoïdale, comme le ferait une vis mobile dans un écrou fixe ; ils tendent par suite à ramener la roulette à leur centre. Cette dernière se trouve donc soumise à un double mouvement : 1° elle est entraînée avec rapidité vers la périphérie des plateaux proportionnellement au nombre de tours de la machine ; 2° elle est ramenée au centre des plateaux proportionnellement au temps. Il en résulte qu'elle vient choisir sur les plateaux une position d'équilibre qui correspond au rapport des deux facteurs, c'est-à-dire au quotient exact du nombre de tours par le temps. Ce quotient est exprimé par la distance momentanée du plan de la roulette au centre des plateaux, distance qui est traduite à l'œil par le déplacement d'une aiguille devant un cadran ou d'un style enregistreur sur un papier. »

points de l'objet, et on peut, avec la vitesse très minime de 120 tours à la minute, obtenir le millième

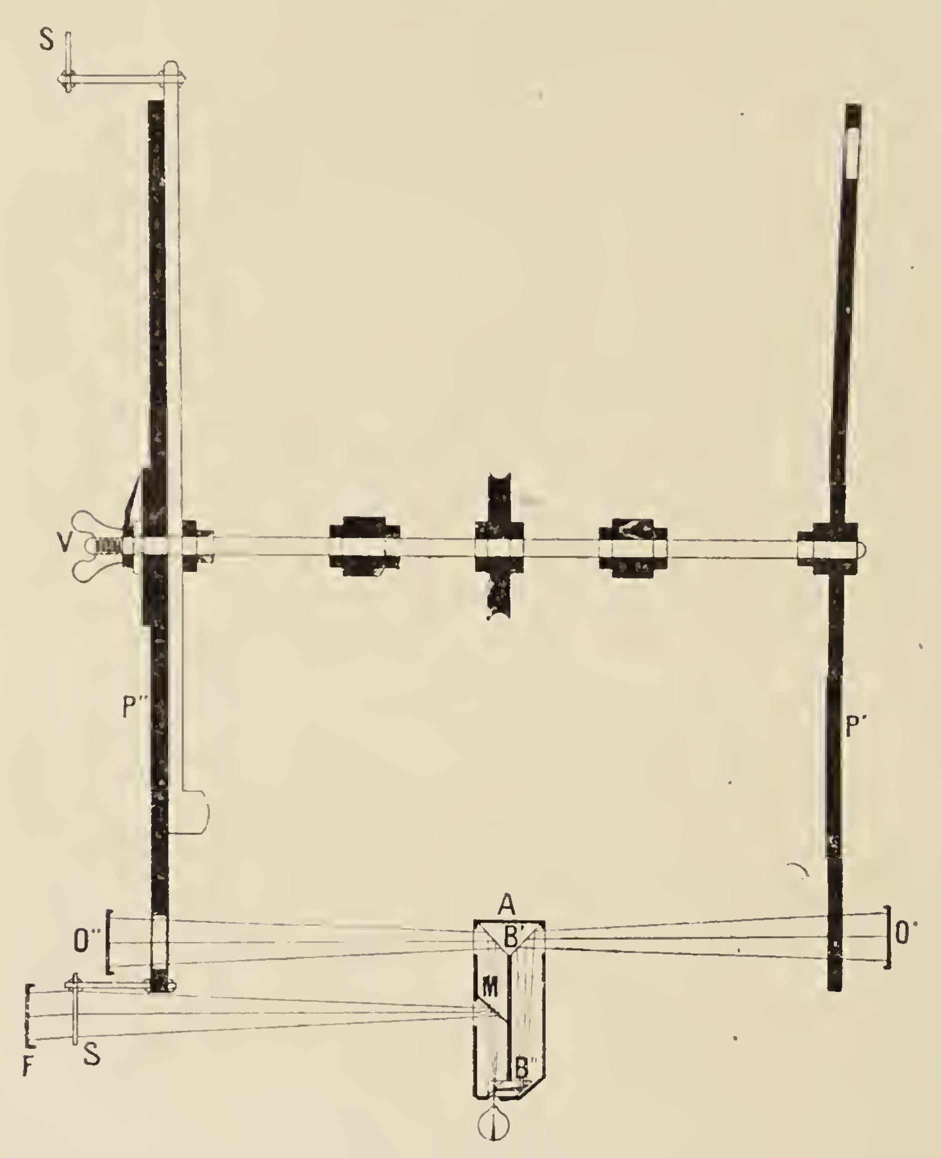


Fig. 32. — Schéma du tachistoscope de Michotte.

de secondes avec 5 millimètres de fente, le dix millième avec $0^{mm},5$!

Les deux disques sont fixés sur un axe commun, le disque P′ de façon invariable, le disque P″ au contraire au moyen d'un écrou de serrage, ce qui permet

de le fixer dans la position que l'on veut par rapport à l'autre, c'est-à-dire que l'on peut varier la position angulaire des deux fentes des disques, et partant la durée de l'intervalle entre les expositions régies par ces fentes.

La partie tout à fait originale consiste dans un appareil optique A qui permet aux rayons venant successivement des deux objets de venir se projeter sur les mêmes points de la rétine ; cet appareil se compose essentiellement de deux prismes fixés dans une boîte métallique ; l'un, B′, dont les deux surfaces adjacentes à l'angle droit sont argentées, et qui réfléchit perpendiculairement à leur direction d'arrivée les rayons provenant de O′ et de O″ ; l'autre, B″, où les rayons venant de O′ se réfléchissent une première fois à angle droit sur une surface argentée, et une seconde fois sur une autre surface argentée, mais semi-transparente.

Cette dernière surface est en effet traversée par les rayons venus de O″ qui se superposent ainsi entièrement à ceux venus de O′.

Mais il y a naturellement réduction de l'intensité lumineuse de O″, et on doit comparer photométriquement deux surfaces également éclairées placées en O′ et O″ et déterminer les éclairages que doivent recevoir les deux objets pour que l'intensité transmise à l'œil soit la même, soit qu'il s'agisse d'objets foncés sur fond lumineux, soit qu'il s'agisse de lignes lumineuses transparentes sur fond noir opaque.

Dans l'intervalle des présentations de O′ et de O″, on peut assurer la permanence de l'accommodation en employant un point de fixation F, dont les rayons,

réfléchis par la plaque de verre à faces parallèles M, se superposent à partir de ce point aux rayons de O″. Le point F, découvert pendant la rotation des disques, est masqué, au moment du passage d'une fente, par un secteur métallique de dimensions variable S′ ou S″, auquel on donne exactement la grandeur de la fente à laquelle il correspond ; S″ est fixé au disque P″, et S′ à l'axe, c'est-à-dire à P′.

Un dispositif annexe permet de ne réaliser qu'une exposition des deux objets au cours de la rotation des disques.

Un écran peut venir, mobile autour d'un axe, masquer les objets par une rotation de 90°, ou les découvrir par une rotation inverse ; les mouvements sont commandés par un fil de traction passant sur une poulie, et rattaché à un levier que manœuvre un électro-aimant, avec ressort antagoniste. Le circuit de l'électro-aimant exige une fermeture de l'opérateur et une autre amenée par un contact de l'axe de rotation, commençant après le passage des fentes.

Il faut, pour que les écrans découvrent les objets, que l'opérateur ferme une partie du circuit ; aussitôt la fermeture est complétée par le contact de l'axe, et les écrans s'abaissent ; mais le levier, en se déplaçant, rompt sur un troisième contact le circuit, et les écrans viennent cacher à nouveau les objets qui n'ont été vus qu'une fois. Le point de fixation reste, lui, constamment découvert.

On ne peut étudier ainsi que la perception monoculaire ; il faudrait un appareil optique supplémentaire, assez compliqué, pour la vision binoculaire.

Mais on voit que ce dispositif, très bien compris,

permet, dans des domaines très divers, des expériences très précises et très satisfaisantes [1].

Technique. — Avec l'appareil à disque, le sujet est placé comme dans les expériences sur la sensibilité chromatique, on lui demande de regarder avec les deux yeux, simultanément ou successivement, suivant qu'on peut faire une exploration globale ou analytique, la fenêtre derrière laquelle se succèdent les secteurs du disque tournant, et de noter quand il verra la plage ainsi délimitée présenter un aspect uniforme. Lorsque cette impression est réalisée, on fait fonctionner le compteur de tours. On procède avec des vitesses très lentes et progressivement croissantes ; puis on augmente les vitesses au-dessus du seuil, on diminue et on note le moment où l'aspect cesse d'être uniforme, et on remonte jusqu'à atteindre à nouveau l'uniformité.

On prend la moyenne du premier et du troisième chiffre s'ils sont assez voisins, et pas trop éloignés du second. Sinon, on recommence la détermination après avoir laissé reposer le sujet.

Avec le tachistoscope de Michotte, utilisé comme stroboscope pour ces expériences, l'exploration se fait nécessairement pour chaque œil séparément.

1. Au point de vue des images complémentaires, de leur nature, de leur durée, de leur succession, cet appareil est également utilisable, grâce à la précision des impressions lumineuses provoquées ; mais ces images subjectives, sans caractéristiques objectivement certaines, sont d'une étude très délicate et ne sont pas possibles sur tous sujets.

CHAPITRE V

MESURE DES SENSATIONS AUDITIVES

On distingue, dans les impressions reçues par le sens auditif, ce qui concerne l'intensité des sons ou des bruits, la hauteur des sons, et le timbre sonore. En ce qui concerne le timbre, qui résulte d'un complexus simultané d'un grand nombre de sons de diverses hauteurs, l'analyse objective est beaucoup trop difficile pour permettre des mesures exactes auxquelles correspondrait un minimum différentiel pour la sensation. L'étude devra donc se limiter à l'intensité et à la hauteur, comme caractères généraux des impressions sonores, et à la persistance de celles-ci.

I. — Sensations d'intensité.

De très nombreuses méthodes ont été utilisées pour la détermination du minimum perceptible auditif.

Un principe très courant consiste à augmenter progressivement la distance d'une source sonore d'intensité considérée comme constante, montre, diapason entretenu électriquement, etc., jusqu'au sujet, soit

en déplaçant la source, soit en faisant déplacer le sujet ; on obtient ainsi avec les différents sujets les distances auxquelles ils cessent d'entendre le son, distances comparables.

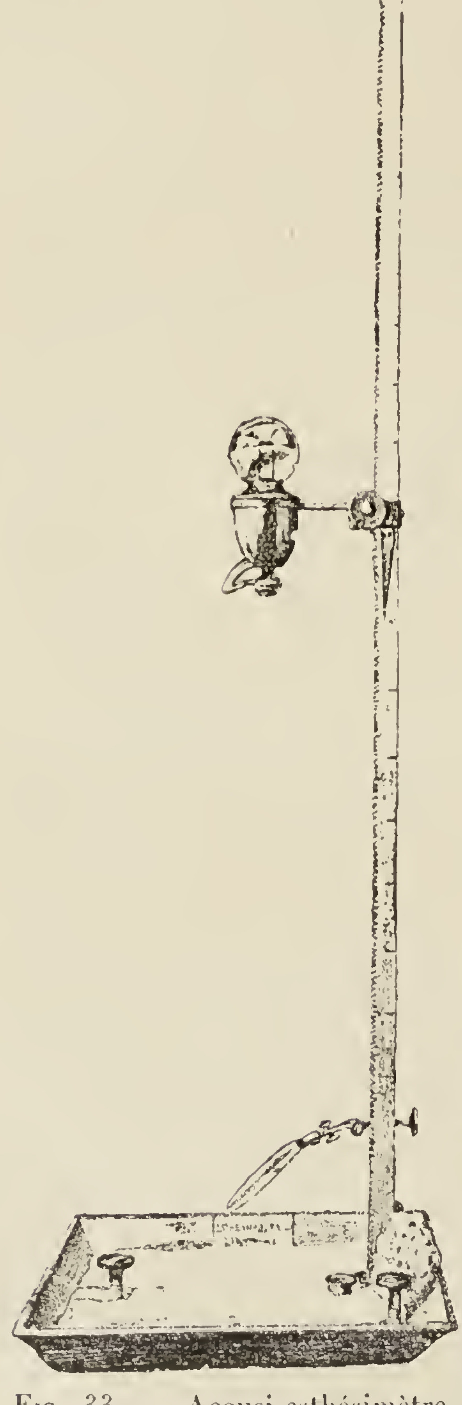
Pour éviter ces éloignements, CHARLES HENRY, dans son audiomètre, interpose entre la source sonore et l'oreille du sujet un disque d'ébonite percé d'une ouverture connue, et un diaphragme, à ouverture variable ; on peut alors comparer les ouvertures, et même les intensités objectives, en admettant que l'intensité dans chaque cas est proportionnelle aux carrés des ouvertures du disque et du diaphragme.

On a aussi utilisé comme transmetteur du son l'électricité, afin de faire varier l'intensité reçue en agissant sur l'agent transmetteur : de nombreux acoumètres ont été construits sur le principe du téléphone avec une lame vibrante entretenue comme source de son, et un rhéostat permettant, par accroissement de résistance du circuit, de diminuer l'intensité transmise à l'appareil récepteur auquel s'applique l'oreille du sujet.

Enfin une série d'appareils est basée sur la variation de l'intensité du son produit et non sur des variations de l'intensité transmise ; il s'agit alors de la chute, de hauteurs variables, sur une surface métallique constante, soit de marteaux, soit de boules de liège, soit de sphères métalliques, etc.

C'est à cette catégorie que se rattache l'acousiesthésimètre de TOULOUSE et VASCHIDE, à la fois pratique et précis : dans cet appareil, sont remplacées par des gouttes d'eau distillée, les sphères de liège, corps non défini, et les sphères métalliques qu'il est, en pratique,

difficile de faire tomber à des intervalles courts et réguliers.


Fig. 33. — Acousi-esthésimètre de Toulouse et Vaschide.

Notre méthode consiste donc à faire entendre, par un sujet placé à une distance fixe, des bruits d'intensité progressive, déterminés par la chute de gouttes d'eau distillée d'un poids constant et tombant de hauteurs croissantes sur un corps métallique défini. De la sorte, les conditions du phénomène sont assez exactement déterminées ; et les mesures prises par des observateurs différents seront comparables entre elles.

L'appareil se compose d'un flacon rempli d'eau distillée donnant, par un robinet convenablement réglé, des gouttes dont chacune pèse $0^{gr},10$; la hauteur de l'eau au-dessus du robinet, c'est-à-dire la pression, restant constante pendant la durée de l'expérience, grâce à un tube de Mariotte. Les gouttes tombent sur une plaque d'aluminium, et nous proposons actuellement une plaque donnant le *la*[2].

Le son n'est pas absolument pur, mais la prédominance est très nette, et comme la mesure de l'intensité est valable, même pour les bruits, et que les sons parasites sont toujours les mêmes, cela est sans inconvénient réel.

Le *la*[2] (217,5 vibrations) se trouve dans le registre de la voix humaine, dans le registre moyen de la voix masculine. Or on sait que la sensibilité auditive est maxima pour les sons du registre phonatoire.

L'aluminium a été choisi pour constituer la plaque vibrante, parce que ce métal ne s'oxyde pas. Pour que les gouttes, en s'accumulant, ne diminuent pas le bruit de la vibration, le disque est maintenu incliné à 30°.

Un robinet, découvrant une ouverture de grandeur variable, permet de faire tomber les gouttes avec une vitesse plus ou moins grande.

Le poids des gouttes reste constant, étant donné le tube qu'elles traversent après la sortie du récipient, ce poids, à la température de 15° environ, atteignant, comme nous l'avons dit, dix centigrammes.

Un index, qui suit dans son ascension le flacon le long de la tige graduée, marque la hauteur de la base du flacon au-dessus de la plaque, c'est-à-dire la hauteur de chute.

L'ascension, dans notre nouveau modèle d'acousiesthésimètre, s'effectue, pour être rapide, au moyen d'une glissière qui peut être fixée au moment voulu le long de la tige grâce à une vis de pression. Pour obtenir des petites variations de hauteur exactes, une crémaillère permet de déplacer le flacon le long de la glissière mobile. Le jeu combiné de ces deux dispo-

sitifs permet d'obtenir rapidement des variations de hauteur exactes.

On comparera dès lors les sujets selon la hauteur de chute provoquant la plus petite sensation auditive.

Pour être traduites en intensités, les hauteurs de chute devront être rapportées à l'amplitude des vibrations de la plaque, exprimant directement cette intensité.

Voici, à cet égard, la formule que nous avons déterminée pour cette traduction, en appelant i l'intensité et h la hauteur de chute, K et α étant des constantes empiriques :

$$i = K . \lg h^{\alpha}$$

Avec les valeurs, que nous avons établies, des constantes, $K = 16$, $\alpha = 2,75$, on peut obtenir les intensités, en centièmes de millimètre dans l'amplitude des vibrations, à partir de 10 millimètres de hauteur de chute.

Voici quelques chiffres que l'on obtient ainsi, l'intensité étant exprimée en millièmes de millimètre.

h (mm)	i (μ)
—	—
10	160
50	680
100	1070
200	1570
300	[illegible]940
400	2210
500	2450
600	2650
700	2840
800	3000

Technique. — Le sujet est assis, la tête fixée par un appui-tête, de telle sorte que le tragus de l'oreille explorée soit au niveau et à une distance de 20 centimètres du point central de la plaque vibrante où tombent les gouttes : Pour assurer l'égalité de niveau, l'acousi-esthésimètre est placé sur un support à hauteur variable et que l'on règle une fois le sujet assis.

L'oreille autre que celle que l'on veut explorer est bouchée par un tampon d'ouate.

Le sujet doit avoir les yeux bandés ou être mis, par un moyen quelconque, dans l'impossibilité de voir la chute des gouttes et les manipulations de l'expérimentateur.

Les expériences doivent êtres faites dans un silence absolu, par exemple dans une cabine téléphonique bien matelassée.

Pour la détermination du minimum perceptible, on abaisse le flacon jusqu'à un centimètre au-dessus de la plaque vibrante, après avoir fait entendre au sujet le son produit par la chute des gouttes d'une hauteur moyenne ; puis, en prévenant le sujet de faire attention et d'écouter, on ouvre doucement le robinet, et, lorsque la goutte se détache, on referme ; si le sujet ne signale rien, on essuie la plaque avec un tampon d'ouate ; on remonte de 2 millimètres le flacon, et l'on recommence au bout de 10 secondes, jusqu'à ce que le sujet, à plusieurs reprises, signale la chute de la goutte pour une hauteur donnée ; comme contrôle, de temps à autre, on prévient le sujet d'écouter, et l'on ne fait pas tomber la goutte ou bien on la recueille sur une éponge pour qu'elle ne tombe pas sur la plaque.

Pour la détermination du minimum différentiel, on place le flacon à une hauteur qui correspond à un multiple de l'intensité obtenue dans la détermination du minimum perceptible, par exemple le double, puis, si l'on veut, le triple, le quadruple et le quintuple.

La hauteur étant déterminée, après avoir fait tomber la goutte de cette hauteur, on descend ou on remonte d'un millimètre pendant qu'un aide essuie la plaque, et, cinq secondes après, on fait tomber de la nouvelle hauteur une autre goutte ; on demande au sujet quelle est l'impression sonore qui lui a paru la plus forte ; on procède de même au bout de 30 secondes, en refaisant tomber la première goutte de la hauteur primitive, puis d'une hauteur différant de 2 millimètres, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le sujet reconnaisse une différence d'intensité des deux sons ; la différence de hauteur est alors rapportée, non à la hauteur initiale, mais, en s'appuyant sur la courbe des intensités (amplitudes vibratoires de la plaque) en fonction des hauteurs, la différence d'intensité est rapportée à l'intensité initiale.

Comme contrôle, de temps à autre on fait tomber, au bout du même intervalle de 5 secondes, la deuxième goutte de la même hauteur que la première.

Il ne faut pas oublier d'essuyer toujours la plaque entre deux chutes, pour enlever l'eau et arrêter les vibrations : la goutte doit tomber en effet sur la plaque immobile, sans quoi, suivant qu'elle contrarie ou favorise la vibration de la plaque au moment où elle l'atteint, elle produit un son plus faible ou plus fort.

2. — Sensations de hauteur.

Comme pour les sensations chromatiques, dont le registre spectral est limité, il existe deux seuils pour les sensations sonores en fonction du nombre des vibrations, un seuil inférieur, car au-dessous d'une certaine périodicité les vibrations ne sont pas perçues comme son fusionné, et un seuil supérieur, car au-dessus d'une certaine périodicité, elles ne donnent plus lieu à aucune sensation auditive.

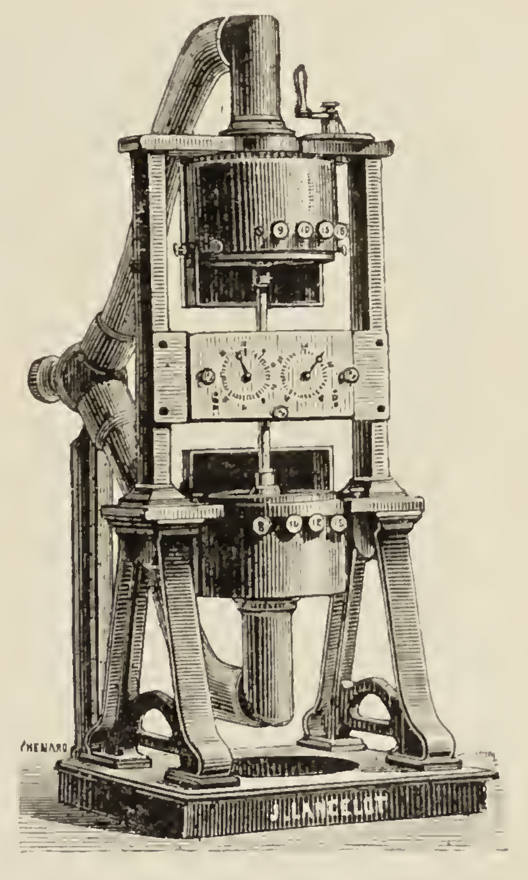


Fig. 34. — Sirène double de Helmholtz.

A. — *Limite inférieure.*

Pour déterminer quel est le plus petit nombre de vibrations capable de provoquer une sensation unique de son continu, il faut, pour éviter les lames vibrantes qui donnent des harmoniques élevées, et même le diapason de 16 à 25 v. d., qui est soumis dans une certaine mesure à la même cause d'erreur, faire appel à la sirène : avec une soufflerie et un régulateur à poids pour la pression de l'air émanant

de la boîte à air, on met en marche une sirène de Cagniard et Latour, d'abord à vitesse très lente, puis à vitesse progressivement croissante, jusqu'à apparition d'un son grave ; avec un compteur de tours monté

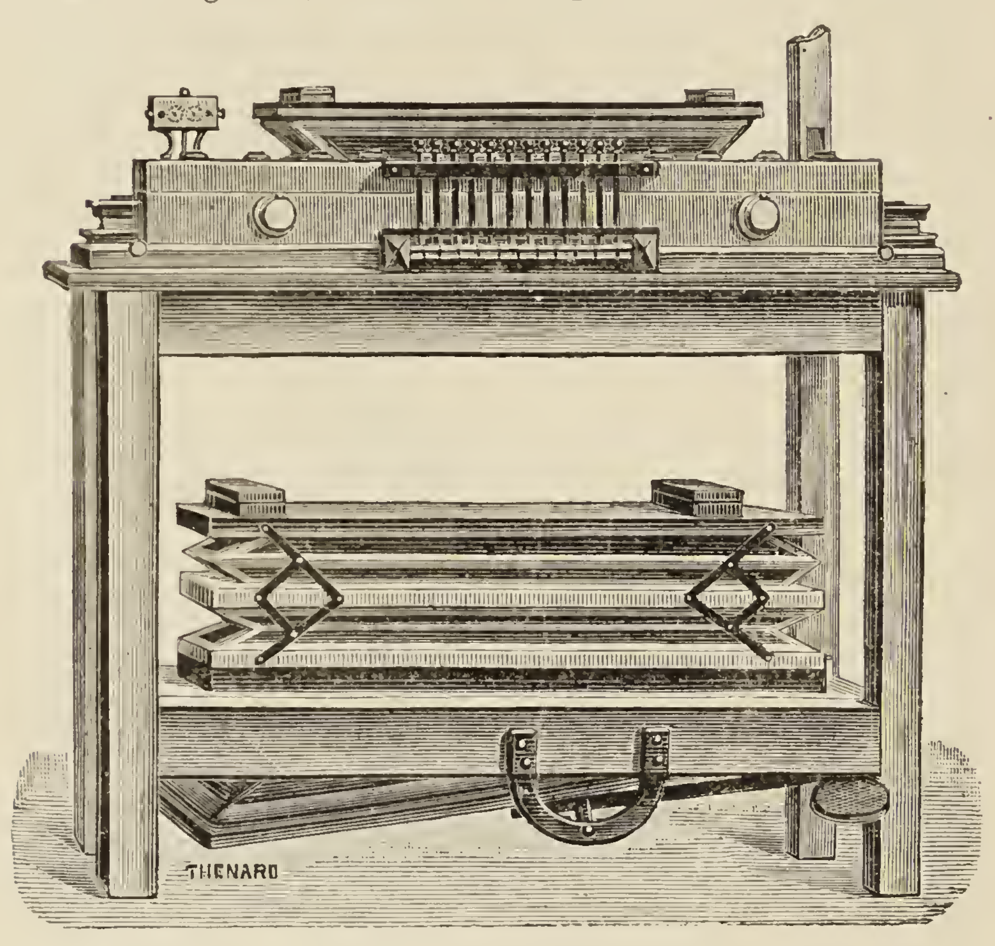


Fig. 35. — Soufflerie de la sirène.

sur la sirène on mesure le nombre de tours à la seconde, et ce nombre de tours, multiplié par le nombre des trous du disque rotatif, donne le nombre des vibrations à la seconde.

Technique. — La soufflerie étant pleine, le poids du régulateur de la boîte à air est placé à l'extrémité de la branche, et le robinet est ouvert ; la sirène est

mise en marche et produit des souffles discontinus ; le sujet, assis à côté de l'appareil qu'il ne doit point voir, est prévenu qu'il devra indiquer le moment où un son grave commencera à être perçu.

On déplace alors progessivement, toutes les 10 secondes, le poids du régulateur, en remplissant lorsqu'il y a lieu la soufflerie, jusqu'à apparition du son ; on fait alors partir le compteur de tours de la sirène d'une main pendant que de l'autre, simultanément on presse sur le bouton d'un chronographe, et on arrête à la fois au bout de quelques secondes le chronographe et le compteur. On multiplie le nombre de tours obtenu par celui des trous du disque, ce qui donne le nombre de v. d. par seconde correspondant au seuil cherché.

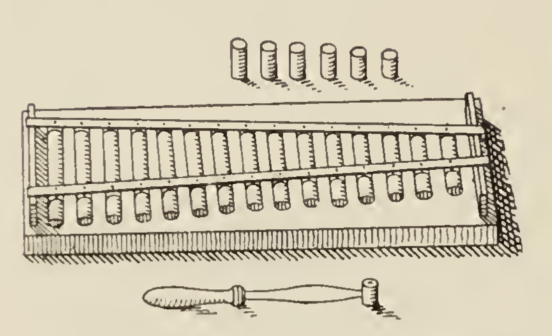
On monte au-dessus du nombre obtenu, on redescend jusqu'à cessation du son, et l'on remonte une deuxième fois jusqu'à réapparition du son. On prend la moyenne de la première et de la dernière valeur si elles sont assez voisines, et si elles se rapprochent de la deuxième. Sinon, on recommence la détermination.

B. — *Limite supérieure.*

La limite supérieure peut être déterminée, soit par les cylindres d'acier de Kœnig suspendus et frappés avec un marteau tout près de l'oreille du sujet, et grâce auxquels on peut atteindre l'ut^{10} et même le fa^{11}, c'est-à-dire environ 90 000 vibration simples [1],

1. La série ordinaire comprend 22 cylindres, de ut^{7} (4096 v. d.) à ut^{10} (32 763 v. d.).

soit par les sifflets de GALTON ou EDELMANN atteignant 43 000 vibrations simples, chiffre contesté par certains auteurs, qui croient que la limite atteint à peine 25 000, tandis que d'autres pensent arriver à 55 000.


FIG. 36. — Cylindres de KÖNIG.

Le sifflet de GALTON est évidemment très commode, mais manque absolument de précision ; on règle la hauteur du son en diminuant la longueur du tube du sifflet où l'air s'engage et se heurte à la cloison terminale, au moyen d'un micromètre indiquant le dixième de millimètre. Mais il faut presser la poire toujours avec la même force et la même vitesse pour obtenir un son constant pour une même longueur du tube ; d'autre part les résultats seront comparables pour un instrument et un observateur donné mais ne pourront être traduits avec certitude en nombre de vibrations[1]. Enfin chez certains individus la limite supérieure de l'audition n'est pas atteinte pour les sons les plus élevés produits par le sifflet.



FIG. 37. — Sifflet de GALTON.

1. Voici cependant, à titre documentaire, les nombres de vi-

Le procédé le plus précis sera encore donné par la sirène, mise en mouvement par un moteur avec compteur de tours et des disques à nombres de trous variables et croissants. En choisissant une vitesse de rotation et des nombres d'orifices convenables, les deux facteurs pouvant varier, il sera possible de faire une détermination très satisfaisante du seuil supérieur : il faut une rotation de 9 000 tours à la minute et un disque percé de 200 trous pour obtenir 60 000 v. s. ; il existe même des disques pourvus de 1 000 trous, ce qui permet, avec une vitesse de 2 500 tours, de dépasser 41 000 v. d., ou 82 000 v. s., périodicité

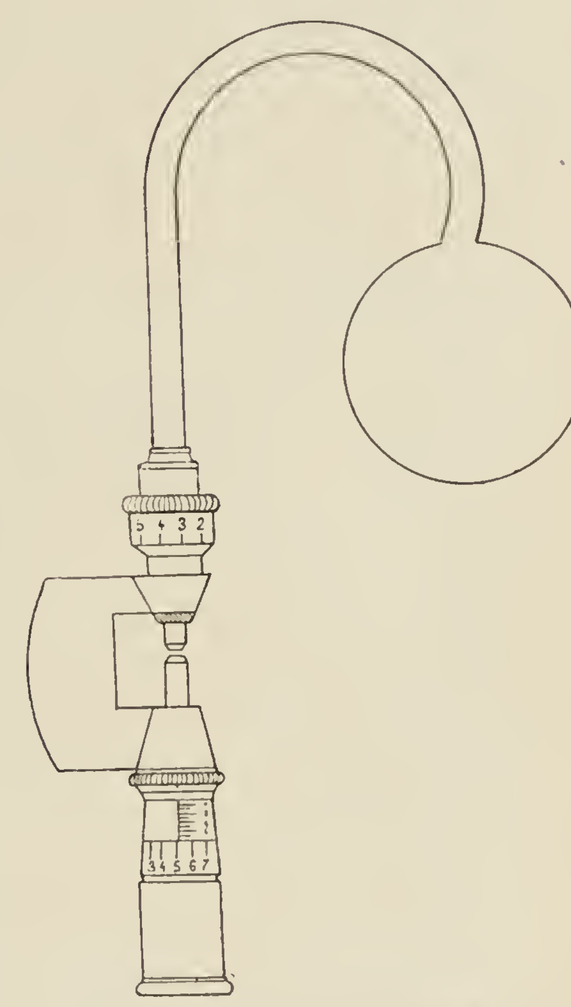


Fig. 38. — Sifflet d'Edelmann.

brations obtenus par la Cambridge scientific instrument Company avec un sifflet de Galton à cylindre de petit calibre (0mm,7 environ) construit par elle. Le premier chiffre indique la longueur du sifflet en millimètres, le deuxième le nombre de vibrations simples :

1,0 — 42 500	1,8 — 30 360	4,0 — 17 000	9,0 — 8 500
1,2 — 38 600	2,0 — 27 330	5,0 — 14 170	10,0 — 7 720
1,4 — 35 400	2,5 — 24 290	6,0 — 12 140	
1,5 — 34 000	3,0 - 21 250	7,0 — 10 630	
1,6 — 32 700	3,5 — 18 890	8,0 — 9 440	

nettement plus élevée que celle qui correspond à la limite supérieure d'audition.

C. — *Seuil différentiel.*

Le seuil différentiel sera déterminé avec une grande précision au moyen de deux diapasons donnant, l'un un son étalon, l'autre un son de hauteur variable à partir du son initial.

Nous avons fait construire, dans ce but, deux diapasons à masses, avec graduations le long des tiges, pour fixer les masses de manière à obtenir des sons variant par seizième de tons, entre ut^2(= 130,5 v. d.) et ut^3(= 261 v. d.) ; ces diapasons sont montés sur caisse de résonance de volume variable grâce à une manivelle enfonçant un piston qui déplace le fond de la caisse cylindrique. On peut ainsi adapter pour chaque son le volume de la caisse, et obtenir un renforcement suffisant.

Technique. — Les deux diapasons montés se trouvent placés sur une table, et le sujet est assis devant la table, tournant l'oreille la plus sensible vers les diapasons, qui doivent être équidistants par rapport au tragus de cette oreille (à 40 centimètres par exemple).

Les deux diapasons et les boîtes de résonance sont réglés pour donner le la^2(= 217,5 v. d.). On les met en vibration avec un archet, successivement ; on fait vibrer le premier, on l'arrête avec la main au bout de deux secondes[1] et aussitôt (soit 5 secondes envi-

1. Il faut éviter en effet que l'intensité du son diminue trop, car cela entraîne une élévation apparente de hauteur.

ron après le premier) on fait vibrer le second et on l'arrête au bout du même temps. Puis on prévient le

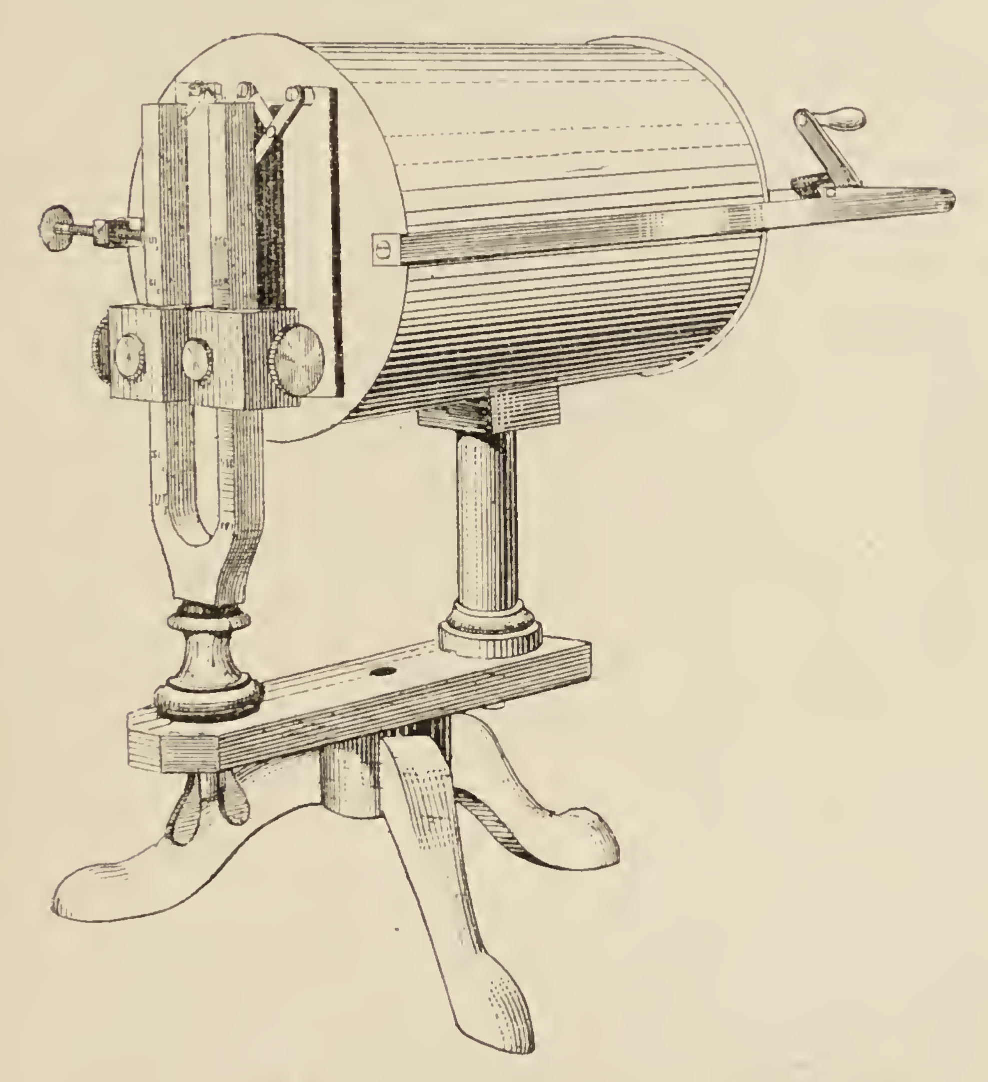


Fig. 39. — Diapason à hauteur variable pour la mesure des seuils différentiels de hauteur.

sujet que l'un des sons va varier de hauteur par rapport à l'autre et on lui demande de signaler quand il s'apercevra d'une différence de hauteur, même s'il ne peut la définir, et quand il pourra signaler le son le plus élevé. On élève alors ou on abaisse le son

d'un des diapasons d'un seizième de ton, en déplaçant la masse d'une division vers l'*ut*³ ou vers l'*ut*² [1].

On recommence à faire vibrer successivement, dans les mêmes conditions que précédemment, les deux diapasons, et l'on note la réponse du sujet.

On procède ainsi, progressivement, à intervalles d'une minute, en faisant toujours entendre d'abord le son étalon puis le son modifié, jusqu'à ce que les réponses constamment exactes du sujet pour une certaine différence déterminent le seuil de sensation différentielle (une différence de hauteur non définie notée) et le seuil de perception différentielle (indication du son le plus élevé).

Comme contrôle, on règle de temps à autre le deuxième diapason pour le son étalon, et on fait entendre les deux fois ce même son.

Il n'est peut-être pas indispensable de refaire l'expérience à plusieurs reprises pour des sons étalons différents ; cette perception différentielle qualitative, n'étant pas en rapport avec des énergies progressives de l'excitation, ne suivrait pas en effet, d'après certains auteurs, la loi de WEBER, et la différence exprimée en vibrations est, dans un certain registre, assez constante, quelle que soit la hauteur du son étalon [2].

1. Si la différence était perçue, on pourrait, en fixant la masse entre deux divisions, atteindre le trente-deuxième de ton.

2. En prenant comme son étalon le *mi*²(= 164,12 v. d.) et en descendant vers l'*ut*²(130,5 v. d.), on a à peu près en moyenne une différence d'une vibration par seizième de ton (32 seizièmes pour moins de 34 v. d.) Le seuil est en général, pour les « fines oreilles », de 1/80, correspondant au « comma », c'est-à-dire, dans ce cas, d'environ 2 vibrations ou 1 seizième de ton.

3. — Persistance des impressions sonores.

L'inertie de l'appareil auditif paraît plus grande que celle de l'appareil visuel, car le temps perdu est plus long, et l'on peut trouver une excitation assez courte pour ne provoquer aucune sensation.

Pour mesurer le seuil temporel de l'excitation la plus brève déjà susceptible d'impressionner le sens auditif, on use d'une sirène mise en mouvement à la vitesse que l'on veut au moyen d'un engrenage avec le moteur qui sert à mettre en marche les disques utilisés pour la vision ; et l'on fait construire un dispositif pour la mise en marche immédiate du disque de la sirène et son arrêt au bout d'un tour comme il en a été réalisé à divers usages.

Il suffit alors de boucher les orifices des disques de la sirène avec des bouchons de caoutchouc du diamètre voulu, en n'en laissant ouverts que 2 ou 3, ou en n'en laissant même que 1 sur le disque rotatif, et un seul toujours sur le disque fixe. On peut ainsi avoir 1, 2, 3, etc. vibrations par tour de disque. En réglant la vitesse de rotation du disque pour une hauteur de son donnée, c'est-à-dire pour une certaine périodicité vibratoire, on peut obtenir des vibrations de durée voulue ; l'unité de temps étant ainsi donnée par la vibration, on cherche combien il faut de vibrations pour engendrer la sensation sonore. On peut obtenir des différences progressives en changeant un peu la vitesse de rotation, mais il ne faut le faire que dans d'étroites limites, car le seuil varie

avec la hauteur des sons ; il faut proportionnellement moins de temps d'excitation pour les sons bas que pour les sons élevés. Au point de vue du nombre des vibrations, il en faut donc beaucoup plus pour les sons plus élevés, les vibrations étant plus courtes : Il suffit de 2 vibrations dans les environs de 3 000, de 5 vers 6 000, de 10 vers 7 000.

La persistance des impressions sonores est moins différente, en ce qui concerne sa valeur, de la persistance des impressions visuelles, que le temps perdu.

La mesure en est possible en faisant appel à la méthode suivante, indiquée par Sanford et qui met bien en évidence l'existence de l'image consécutive pour les sons, image consécutive qui ne fait défaut pour aucune sensation :

On dispose deux embouchures de porte-voix sur un même plan horizontal maintenues sur une règle à distance variable. Aux extrémités sont fixés deux tubes de caoutchouc de même longueur aboutissant à un tube en T dont la branche commune porte un troisième tube de caoutchouc se terminant par une olive qu'on introduit dans l'oreille du sujet, le tout ayant une longueur suffisante pour que le sujet se trouve à environ 1^{m},50 des embouchures.

Au milieu des deux embouchures est suspendu un pendule de hauteur réglable et auquel est fixé un diapason donnant le *la*^{3}, le diapason commun des accordeurs. Le diapason est fixé horizontalement les deux branches superposées, et on règle la hauteur des embouchures pour que, pendant une oscillation du pendule, l'extrémité des deux branches passe de-

vant les embouchures, à 5 millimètres de distance. On mesure, pour les différentes hauteurs du pendule, que l'on soulève à la main au-dessus de l'embouchure de gauche et qu'on lâche pour le rattraper lorsqu'il a dépassé le niveau de l'embouchure de droite, le temps qui s'écoule au cours du passage entre les deux embouchures. Pour cela on place devant chaque embouchure un fil métallique souple qui sera touché au passage par le diapason ; ces deux fils sont en communication avec un fil d'une pile ; l'autre pôle est en rapport avec un signal électrique de Desprez et un fil réunit le signal au diapason. A chaque passage devant une embouchure, le contact du diapason et du fil souple ferme le circuit et il y a un battement de la plume du signal. On inscrit les battements sur un cylindre enregistreur, et l'on inscrit simultanément le temps, soit avec un chronographe de Jacquet donnant le cinquième de seconde, soit avec un diapason électrique en rapport avec un autre signal ou une autre plume du signal si celui-ci est double, ce qui permet d'obtenir le cinquantième ou le centième de seconde.

Technique. — Les temps étant connus, on règle le pendule pour qu'entre les deux passages il s'écoule une demi-seconde ; le sujet écoute le diapason avec une oreille grâce à l'olive qui y est introduite et reçoit ainsi les sons, soit de l'embouchure de droite, soit de celle de gauche au moment du passage du diapason devant chacune d'elles ; il distingue deux sons successifs, qui correspondent aux deux passages devant les deux embouchures. On réduit alors la durée-intervalle en raccourcissant le pendule, et l'on demande

au sujet de dire quand il n'entendra plus qu'un son unique. Lorsque, pour un certain intervalle, on a la fusion des deux sons en un seul, on raccourcit encore le temps, puis on l'allonge progressivement jusqu'à ce que, à nouveau, deux sons soient distingués. On raccourcit alors une deuxième fois jusqu'à ce que la fusion soit encore obtenue. On prend la moyenne des deux intervalles au moment de la fusion s'ils sont assez voisins et pas trop éloignés de l'intervalle correspondant au seuil de différenciation des sons successifs. Sinon on recommence la détermination.

On a ainsi, en fractions de seconde, la durée de persistance de l'image sonore.

CHAPITRE VI

MESURE DES SENSATIONS LABYRINTHIQUES

On sait que l'oreille n'est point l'organe du seul sens auditif, et que du labyrinthe partent, d'une part, des excitations centripètes provoquant des réflexes d'équilibration, et d'autre part des données sensorielles qui apparaissent nettement dans le vertige rotatoire.

Mais l'on a quelquefois exagéré le nombre et la valeur des indications fournies par le sens labyrinthique ; à la suite des travaux de Bourdon, il y a lieu de reporter aux perceptions complexes bien des notions qui étaient rapportées au labyrinthe, en particulier en ce qui concerne la sensibilité statique des positions du corps. Tous les déplacements du corps ne sont pas non plus exclusivement perçus par l'oreille interne, et l'on doit limiter aux sensations de rotation et aux sensations de translation, dans des conditions bien définies où les autres données sensorielles peuvent être éliminées, le domaine du sens labyrinthique.

1. — Sensations de rotation.

Le matériel nécessité par l'étude des sensations la-

byrinthiques est encombrant et nécessite des emplacements assez vastes [1].

Pour les sensations de rotation, il faut une planche matelassée sur laquelle puisse être étendu un homme même de très grande taille, et reposant sur un large disque rotatif, lequel sera susceptible aussi de recevoir en son centre un siège qui y sera, comme la planche, solidement fixé.

Le disque sera mis en mouvement, par l'intermédiaire d'engrenages réducteurs de vitesse, avec transmission par chaîne, par un moteur électrique assez puissant. Un roulement à billes assurera une rotation sans secousses et sans bruit. L'horizontalité du disque et de la planche devra rester parfaite au cours de la rotation. L'appareil une fois mis au point ne sera plus déplacé, sans quoi l'on risquerait de donner du jeu et de perdre l'horizontalité parfaite, assez difficile à obtenir, au cours de la rotation. Un rhéostat permettra de faire varier les vitesses du moteur et par conséquent du disque. Les vitesses, toujours assez lentes, de ce dernier seront enregistrées de la façon suivante. Sur le disque seront fixées 60 lames souples d'acier ressortant d'une égale longueur et équidistantes, tous les 6 degrés. Elles seront toutes réunies par un fil électrique en communication avec une pile et un signal de Desprez. Le signal sera d'autre part en relation avec une borne fixe placée à la hauteur du disque et à 2 millimètres de distance

1. En France il existe un matériel assez complet pour l'étude des mouvements et des positions du corps au laboratoire de l'Université de Rennes, dirigé par M. Bourdon.

de l'extrémité des lames d'acier ; un fil de diamètre moyen dépassera de 2^{mm},5 la borne, en sorte qu'il soit juste touché au cours de la rotation par chaque lame d'acier. A chaque contact, la plume du signal subira une oscillation qui sera inscrite sur un cylindre enregistreur où elle formera un cran. En inscrivant avec un chronographe de Jacquet le temps sur le cylindre, on aura très exactement la durée de rotation de chaque soixantième de circonférence. Si la rotation totale dure une minute, on aura entre chacun des soixante crans un intervalle d'une seconde. Dès qu'une accélération se produira, elle sera enregistrée et pourra être notée et mesurée.

Technique. — Le sujet est étendu sur la planche de telle façon que la ligne reliant les tragus des deux oreilles soit à une distance fixe, quelle que soit la taille du sujet, de l'axe de rotation, distance qui peut être fixée à 75 centimètres. Ou bien le sujet est assis, et immobilisé par des courroies et un appui-tête, sur un siège à dossier, et de telle façon que l'axe de rotation passe par le milieu de la ligne reliant les tragus des deux oreilles. Suivant une position ou l'autre on explore une paire différente de canaux semi-circulaires. Cette dernière position est préférable pour une expérience-type, qui portera sur les canaux horizontaux.

Les yeux du sujet sont naturellement bandés pour éliminer toute sensation visuelle, et l'on pourra faire l'expérience dans l'obscurité (en se servant de lampes électriques de poche pour les manipulations) afin d'éviter que la direction de la lumière, pénétrant malgré tout jusqu'à la rétine, puisse fournir des in-

dications. Pour le seuil absolu, grâce à l'usage de multiplications réductrices de vitesse, on mettra l'appareil en mouvement à la vitesse d'un tour à l'heure, en demandant au sujet de noter dès qu'il se sentira tourner, et pourra dire dans quel sens il tourne. On posera la question à plusieurs reprises, tantôt au moment où l'on fera réellement tourner l'appareil, tantôt sans bouger. Le moteur devra être assez éloigné pour que son bruit ne puisse jouer de rôle, et, au besoin on aura un autre moteur constamment en marche qui sera toujours entendu et ne permettra jamais de percevoir les variations du bruit de l'autre.

Le sujet ne percevant rien, on arrêtera la rotation, et l'on reprendra avec une vitesse plus grande, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on atteigne le seuil de perception (la rotation étant toujours indiquée avec son sens).

Pour le seuil différentiel, concernant les accélérations, on fera tourner l'appareil à une vitesse uniforme de 1 tour à la minute par exemple ; et à un moment donné on accélérera en le faisant tourner en 59 secondes au lieu de 60. Le sujet devra noter le moment où il s'apercevra d'un changement et du sens du changement, on déterminera les seuils de sensation et de perception. On pourrait refaire avec une vitesse plus lente et une vitesse plus rapide.

Avec les vitesses lentes, la sensation de rotation quand le mouvement est uniforme, disparaît, et seule l'accélération est perçue : le seuil différentiel est donc en réalité un seuil absolu. C'est ainsi que les choses doivent se passer en effet d'après le mécanisme sen-

soriel des canaux semi-circulaires. Mais les rotations rapides sont toujours perçues parce qu'interviennent alors des sensations complexes dues à des phénomènes de déplacement des liquides organiques sous l'influence de la force centrifuge et à la sensation de la résistance de l'air sur la face (qui pourrait être éliminée par l'emploi d'un masque).

Pour étudier la sensibilité labyrinthique pure, il faut donc éviter les rotations rapides.

2. — Sensations de translation.

La planche où le sujet peut être couché ou mieux le siège où il sera assis et immobilisé comme pour l'expérience précédente, sera placée sur un chariot roulant sur rails.

Les rails devront être parfaitement horizontaux l'un et l'autre et leur parallélisme absolument rigoureux. Les roues tournent sur billes : il faut que la translation puisse s'effectuer absolument sans secousses.

Pour faire avancer le chariot, celui-ci sera attaché à un cable qui s'enroulera autour d'un treuil mis en rotation au moyen du même moteur électrique que plus haut. La vitesse de rotation du treuil d'enroulement permettra de régler la vitesse de translation ; cette vitesse sera modifiée au moyen du rhéostat agissant sur le moteur.

La vitesse sera enregistrée par la même méthode que pour la vitesse de rotation, mais le chariot portera la borne munie du fil, et des lames d'acier seront placées tous les 5 centimètres à la même hauteur. On

enregistrera donc la vitesse du parcours sur chaque longueur de 5 centimètres.

Technique. — Le sujet étant assis et immobilisé de telle façon qu'il soit entraîné la face en avant par le chariot (ou, pour étudier l'influence du sens de la translation, la face en arrière ou latérale), les mêmes précautions que précédemment étant prises pour éviter l'influence des sensations visuelles, l'appareil est mis en marche à vitesse très lente, et on procède comme plus haut jusqu'à ce qu'on ait déterminé le seuil de perception pour l'indication de la translation.

Par prudence, pour éviter les sensations provenant de la résistance de l'air, on pourra couvrir toutes les parties du corps habituellement découvertes, les mains et la face.

En mettant l'appareil en marche à une vitesse moyenne uniforme de 3 mètres à la minute par exemple, on pourra déterminer le seuil de la sensibilité à l'accélération, seuil pseudo-différentiel comme pour la rotation, la translation uniforme n'étant plus perçue, sauf pour les grandes vitesses où interviennent des sensations complexes inévitables : il s'agit toujours d'un seuil absolu, le départ pouvant être assimilé à une accélération et réciproquement.

DEUXIÈME PARTIE

MESURE DES PHÉNOMÈNES SENSORIELS COMPLEXES

CHAPITRE PREMIER

MESURE DES PERCEPTIONS LIÉES A DES SENSATIONS CUTANÉES

Un grand nombre de perceptions complexes impliquent une intervention de données kinésiques, le sens qui nous renseigne sur nos mouvements participant nécessairement à toute exploration sensorielle active. Néanmoins il y a des phénomènes sensoriels dont la complexité est due à l'intervention d'opérations intellectuelles, de jugements, de comparaisons, intervention plus importante que dans le domaine des perceptions élémentaires précédemment examinées, bien que cette intervention soit à un certain degré inévitable même dans ce dernier domaine, du moment où l'on demande au sujet d'affirmer quelque chose concernant ses sensations.

En ce qui concerne les perceptions complexes cutanées, la première catégorie, relative au sens du lieu de la peau n'implique aucune donnée kinésique. En revanche l'exploration des formes des objets, que

l'on rapporte souvent, suivant une expression impropre, au « sens stéréognostique », et même la connaissance des attitudes du corps et de certains déplacements globaux, ne peuvent s'effectuer que grâce à des sensations émanant des muscles, des articulations, etc., sensations qui, si elles ne sont pas suffisantes, sont absolument essentielles et nécessaires.

1. — Sens du lieu de la peau.

Lorsque nous sommes touchés en des points différents de la surface cutanée, suffisamment éloignés, nous savons, en dehors de l'intervention de la vue, que ce n'est pas au même point que nous avons été touchés, et nous pouvons approximativement désigner les endroits qui ont été atteints par le contact; nous savons aussi, lorsqu'un objet se déplace sur notre peau, qu'il ne touche pas toujours le même point et nous pouvons approximativement nous représenter sa marche. Enfin, quand une série de points sont simultanément touchés, nous pouvons dans une certaine mesure délimiter la surface occupée par ces points. Il y a donc une série de recherches quantitatives possibles dans ces divers modes du sens topographique cutané, que Gley propose d'appeler « sens de l'espace cutané » (le « Raumsinn » des Allemands).

A. — *Différenciation des contacts.*

I. *Contacts simultanés.* — Si l'on exerce sur deux

points égaux d'une surface cutanée une pression égale avec deux aiguilles, il existe, pour chaque région, un écartement minimum au-dessous duquel le sujet ne perçoit qu'un contact, au-dessus duquel il en perçoit deux. Cela n'est pas dû à la répartition de zones anatomiques correspondant à des terminaisons nerveuses, car les écarts sont très supérieurs à ces zones et peuvent être considérablement augmentés par la fatigue et réduits par l'exercice — cause d'erreur dans les mesures qui ne doit pas être négligée. Il y a là une discrimination, une finesse de distinction, suivant l'expression de BINET.

La mesure s'effectue avec des compas à glissière. Notre compas haphi-esthésimétrique comporte deux

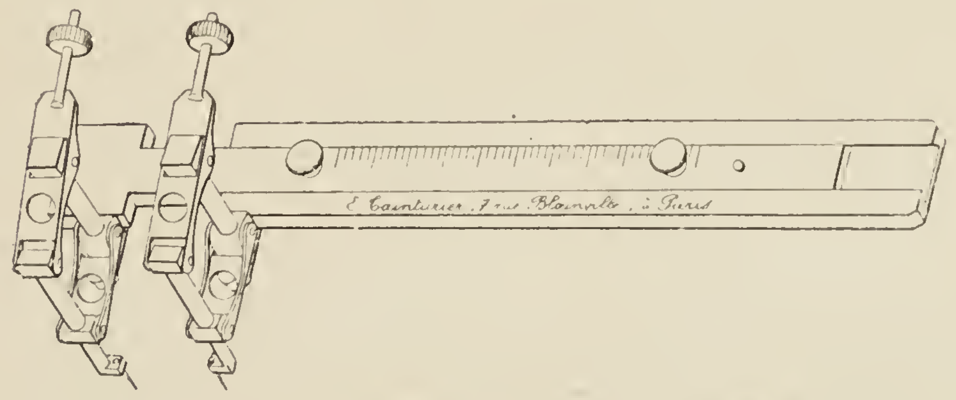


FIG. 40. — Compas haphi-esthésimétrique de TOULOUSE et PIÉRON.

aiguilles semblables à celles qui sont employées pour la sensibilité à la pression (ayant une pointe de 1/10 de millimètre de diamètre) et qui sont suspendues par un levier oscillant, la pression exercée pouvant être réglée au moyen de contrepoids déplaçables le long d'une tige, entre 1 gramme et 1^{gr},25[1]. L'écart

1. En ajoutant des contrepoids ou en en prenant de plus

est mesuré en millimètres et, à la rigueur en demi-millimètres, à partir de 1 millimètre, et on écarte les deux aiguilles en faisant glisser avec un bouton une lame graduée dans la règle, munie d'un repère, du compas.

Technique. — Une région constante doit être choisie pour la détermination de cette finesse de perception, étant données les énormes variations régionales. Il ne faut pas qu'on puisse, au cours de l'exploration, rencontrer de poils. Aussi peut-on choisir l'éminence thénar, ou la face interne du poignet : une pointe devra toujours être appliquée sur le même point, et l'autre s'éloigner de plus en plus dans une direction constante, car la finesse de perception varie avec le sens de l'éloignement. On pourra partir du milieu du pli principal qui se forme dans la flexion du poignet, et l'on s'éloignera en remontant l'avant-bras dans la ligne médiane ; la peau sera tendue par l'extension de la main fermée qui se trouvera en contre-bas.

La pression des aiguilles pourrait être réglée d'après la finesse de sensibilité à la pression dans cette région, préalablement déterminée, être prise, par exemple, 10 fois supérieure à la pression minima perçue ; cette pression serait réglée par le déplacement des contrepoids et mesurée à la balance pour chaque aiguille séparément.

lourds, on pourrait augmenter notablement la pression. On a employé quelquefois des compas avec pointes maintenues par un ressort, afin de connaître les pressions variables réalisées. Mais ce procédé dynamométrique rend très difficile la réalisation d'une égale pression à chaque fois ; on sait de combien on s'est trompé, mais on n'évite pas l'erreur.

On demandera au sujet, qui sera comme toujours mis dans l'impossibilité de voir ces manipulations, de dire s'il sent *un* ou *deux* contacts[1].

On place alors l'avant-bras du sujet sur un coussinet feutré, reposant sur sa face dorsale, la main en

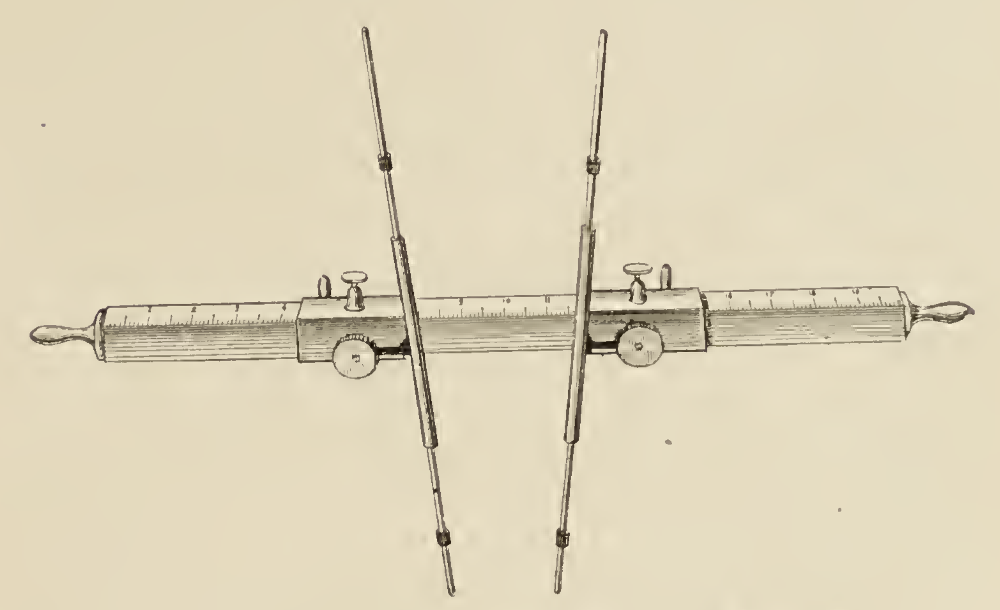


Fig. 41. — Compas haphi-esthésimétrique de Michotte.

extension, se trouvant en contre-bas. Le sujet doit être commodément assis ; après avoir fait sentir les deux aiguilles assez éloignées et très rapprochées pour faire connaître la nature des impressions exactes ressenties, on commence à exercer les pressions avec l'écart minimum en les faisant durer 2 secondes environ, et en les répétant, avec un écart progressivement croissant, toutes les 10 secondes, jusqu'à ce que, pour un écart donné, mesurant le seuil, le sujet distingue les deux

1. Le sujet peut, lorsqu'il est près de différencier les contacts, sentir, non un point mais une ligne. Il faut considérer cette sensation intermédiaire, comme correspondant encore au contact indifférencié.

contacts. Le contrôle est réalisé en exerçant parfois une seule pression, appliquée sur le point fixe[1].

Il faut prendre quelques précautions avec ce compas : faire attention de l'approcher doucement de la peau et ne pas faire tomber les aiguilles, assurer avec des coussinets la parfaite horizontalité de la surface explorée pour que les deux pointes touchent bien simultanément et perpendiculairement la peau. Lorsque les aiguilles reposent sur la peau, on continue à faire descendre le compas de quelques millimètres en prenant garde de ne pas descendre trop, sans quoi, une fois le champ de l'oscillation des aiguilles parcouru, on exercerait une pression nouvelle et on risquerait de piquer le sujet ; il ne faut pas non plus que le compas se déplace dans cette descente, sans quoi les aiguilles glissant sur la peau exciteraient des surfaces, et la différenciation serait facilitée.

Enfin on doit reposer son bras en prenant garde de ne pas frôler le sujet en descendant le compas.

II. *Contacts successifs.* — Les contacts successifs sont mieux différenciés que les contacts simultanés ; on peut donc explorer séparément la finesse de la distinction des lieux touchés par une pointe.

On garde une seule aiguille au compas haphi-esthésimétrique et l'on exerce, à très court intervalle, deux pressions avec cette même aiguille, sur deux points différents.

Technique. — On choisit la même surface que pour

1. On constate souvent alors que le sujet accuse 2 pointes, commettant des « Vexirfehler ». On les évite en rappelant de temps à autre la sensation double avec des écarts très supérieurs au seuil, comme l'a montré FOUCAULT.

l'expérience précédente et on adopte le même point fixe et la même surface de déplacement On procède exactement de même, à cela près qu'on exerce le premier contact pendant 2 secondes, et le second aussitôt après pendant le même temps. Le sujet doit dire si c'est le même point qui est touché ou un point différent. Comme contrôle, on exerce assez souvent les deux pressions sur le même point fixe.

Pour apprécier les distances intervalles, on repasse à l'encre grasse les divisions d'un papier millimétré et l'on décalque sur. la région à explorer. On peut ainsi apprécier facilement le demi-millimètre. Le seuil sera mesuré comme précédemment.

III. *Contacts immobile et mobile.* — Michotte, pour la différenciation des contacts, a employé une méthode qui lui a donné d'excellents résultats, et qui consiste à exercer une pression en un point avec une aiguille, et à écarter l'autre aiguille progressivement, avec une vitesse aussi constante que possible, dans des directions rayonnantes par rapport à la pointe immobile prise comme centre, jusqu'à ce que, dans chaque direction, on détermine un point où le contact mobile est différencié de l'autre.

L'appareil qu'il utilise permet une pression à peu près égale des deux pointes, même de celle qui glisse sur la peau, en les laissant peser de leur poids, et en les maintenant seulement par des tubes servant de tuteurs, un peu inclinés pour permettre le rapprochement des pointes jusqu'au contact. C'est donc le principe général adopté dans nos aiguilles haphi-esthésimétriques.

En demandant aux sujets de ne déclarer la distinc-

tion des pointes que lorsque cette distinction est nette[1], MICHOTTE a obtenu par cette méthode d'intéressants résultats, et il a établi l'existence de champs régionaux où l'écart est homogène, la distinction se faisant au contraire très vite lorsque l'écart se trouve chevaucher sur deux champs voisins (séparés anatomiquement et surtout physiologiquement, par des plis en particulier, distinguant des zones de solidarité fonctionnelle).

B. — *Localisation des contacts.*

On peut, avec une seule aiguille de compas, et dans la même région, effectuer des contacts, en demandant au sujet, prenant une aiguille de l'autre main, de montrer le point qui lui a paru être touché.

En millimétrant comme précédemment la surface explorée, on détermine l'erreur moyenne de localisation. Cette erreur moyenne diffère naturellement beaucoup suivant les régions ; c'est pourquoi, pour comparer les sujets, il faut toujours adopter une région constante.

En outre de cette localisation absolue, on peut étudier l'exactitude des localisations relatives : on touche un point central, puis un point éloigné de l'autre d'une distance variable dans un cercle déter-

1. Il faut se rappeler en effet qu'il existe différents types chez les sujets, distingués par BINET, et en particulier des simplistes et des interprétateurs. Certains accusent deux pointes pour la moindre variation de sensation ; d'autres attendent d'en sentir nettement deux ; d'autres, plus scrupuleux, hésitent en analysant leurs sensations.

miné. Le point central étant marqué, on demande au sujet de localiser l'autre point par rapport au premier, comme direction et comme distance, ou seulement comme direction, à distance fixe, puis seulement comme distance, à direction constante. Grâce au papier millimétré décalqué on repère sur le papier même les points touchés et les points indiqués par le sujet, et, avec une règle graduée et un rapporteur, on évalue les différences angulaires et linéaires.

C. — *Sensations de déplacement des contacts.*

Les mouvements d'un corps à la surface de la peau sont perçus. On peut donc déterminer quelle est la plus petite vitesse du mouvement compatible avec cette perception, ou la plus petite différence de vitesse perceptible, pour un déplacement d'étendue constante d'une part; et, d'autre part, ou le plus petit déplacement compatible avec cette perception, ou la plus petite différence d'étendue du déplacement perceptible, à vitesse constante.

Pour obtenir, au cours du déplacement d'un corps exerçant une pression sur la peau, une égalité suffisante de cette pression, le mieux est de faire appel à des crins qui, se pliant plus ou moins, épousent les creux et les élévations de la peau sans cesser d'exercer une pression sensiblement constante.

En employant un crin assez dur, sortant plus ou moins d'un tube où il est immobilisé, comme dans l'esthésiomètre de Frey, on peut exercer sur la peau une pression qui sera un multiple constant de la pres-

sion minima perçue dans la région explorée : on se contentera d'une pression 5 fois plus forte.

On pourra toujours adopter la face interne du poignet, comme région d'exploration. Les vitesses et les étendues du déplacement seront obtenues par exemple en fixant, par l'intermédiaire d'un support horizontal réglable à la hauteur voulue, la tige porte-crin à un chariot de cylindre automoteur, dont on peut faire varier la vitesse grâce à l'inclinaison variable des ailettes (à moins qu'on fasse mouvoir le chariot par courroie de transmission au moyen du moteur du cylindre dont on règle les vitesses[1]). En réglant avec un butoir la course du chariot, on peut régler l'étendue du déplacement.

Technique. — Le sujet étant commodément installé, on règle à une vitesse donnée le déplacement du chariot, par exemple 60 millimètres à la minute, et on le met en marche, disposé de telle façon que le crin parcoure la ligne longitudinale médiane de la face interne de l'avant-bras. On limite la course du chariot pour que, partant d'un point quelconque, le crin aboutisse à 1 millimètre en avant du pli de flexion du poignet, repère que nous avons plusieurs fois indiqué ; on délimite le début de la course en plaçant au-dessus de la peau un carton qui soulève le crin jusqu'au pli en question.

1. Le régulateur de Pickering permet de donner des vitesses quelconques avec une régulation à peu près parfaite. On peut avoir des vis à tour de spire plus ou moins serré pour faire mouvoir le chariot à des vitesses très lentes ou assez rapides pour la même vitesse de rotation du mécanisme du cylindre.

Le crin glissera sur la peau sur une longueur de 1 dixième de millimètre, pendant 1 dixième de seconde.

On augmente ensuite le déplacement, en éloignant le butoir du chariot, progressivement, chaque expérience étant faite après 30 secondes de repos, jusqu'à ce que le sujet perçoive un déplacement. De temps à autre on tient soulevé le crin au-dessus du pli de flexion et on le laisse reposer immobile pendant une seconde, puis on le soulève, à titre de contrôle. Quand on a déterminé le seuil pour l'étendue du déplacement, à vitesse constante, on assure un déplacement double de ce seuil[1], en employant le même procédé que plus haut, puis on provoque dans les mêmes conditions, des déplacements à vitesse progressivement croissante, en commençant par des vitesses très lentes, de 6 millimètres à la minute, soit un dixième de millimètre à la seconde, puis on augmente constamment la vitesse jusqu'à ce qu'on ait atteint le seuil. De temps à autre on procède comme nous l'avons indiqué plus haut pour assurer le contrôle des réponses du sujet.

Enfin on pourra, en effectuant un déplacement double du seuil avec une vitesse double également du seuil, à moins de choisir un déplacement fixe de 15 millimètres par exemple, à la vitesse fixe de 60 millimètres à la minute, rechercher quel est, soit le plus petit accroissement d'étendue du mouvement qui est perçu, soit le plus petit accroissement de vitesse, le

1. On pourrait aussi adopter un déplacement fixe, par exemple de 15 millimètres, car aussi bien on devrait alors choisir dans l'expérience précédente une vitesse en rapport avec le seuil préalablement déterminé.

contrôle s'effectuant en réalisant à nouveau de temps à autre deux fois de suite l'étendue étalon ou la vitesse étalon.

Entre les deux déplacements du couple de comparaison, on évitera de prolonger l'intervalle de plus de 15 secondes, en hâtant les manipulations ; entre deux couples on donnera un repos d'une minute[1].

Il est inutile de préciser encore une fois la nécessité, au cours de ces expériences de n'atteindre aucun poil avec le contact mobile : S'il y en avait dans la région à parcourir, ils devraient être rasés.

D. — *Délimitation des surfaces de contact.*

Nous avons des données sur la surface cutanée parcourue par un mobile ; nous en avons aussi, mais moins nettes, sur la surface comprimée par un corps de forme donnée ; il existe dans une certaine mesure des perceptions stéréognostiques statiques, passives.

Les perceptions peuvent être évaluées au moyen de surfaces différentes appliquées contre la peau :

On emploiera par exemple des corps géométriques en cuivre, de forme définie, ayant une épaisseur uniforme. Il est nécessaire que ces corps soient assez petits pour pouvoir reposer par tous les points sur une

1. On peut encore faire localiser au sujet les déplacements, soit d'une façon absolue pour les deux extrémités, soit d'une façon relative à partir d'une extrémité fixe, en direction et en étendue ; en ce qui concerne la direction, on peut aussi chercher quelle est la plus petite différence angulaire perceptible entre deux déplacements identiques de direction variable.

surface cutanée du sujet. Mais, comme des corps remplissant ces conditions ne seraient pas suffisam-

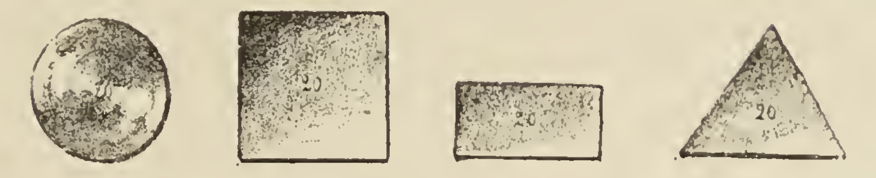


FIG. 42. — Lames géométriques du stéréo-esthésimètre de TOULOUSE et VASCHIDE.

ment lourds pour éveiller des sensations de forme, il faut que l'on puisse exercer sur eux une pression mesurable.

Pour toutes ces raisons, les corps qui ont été choi-

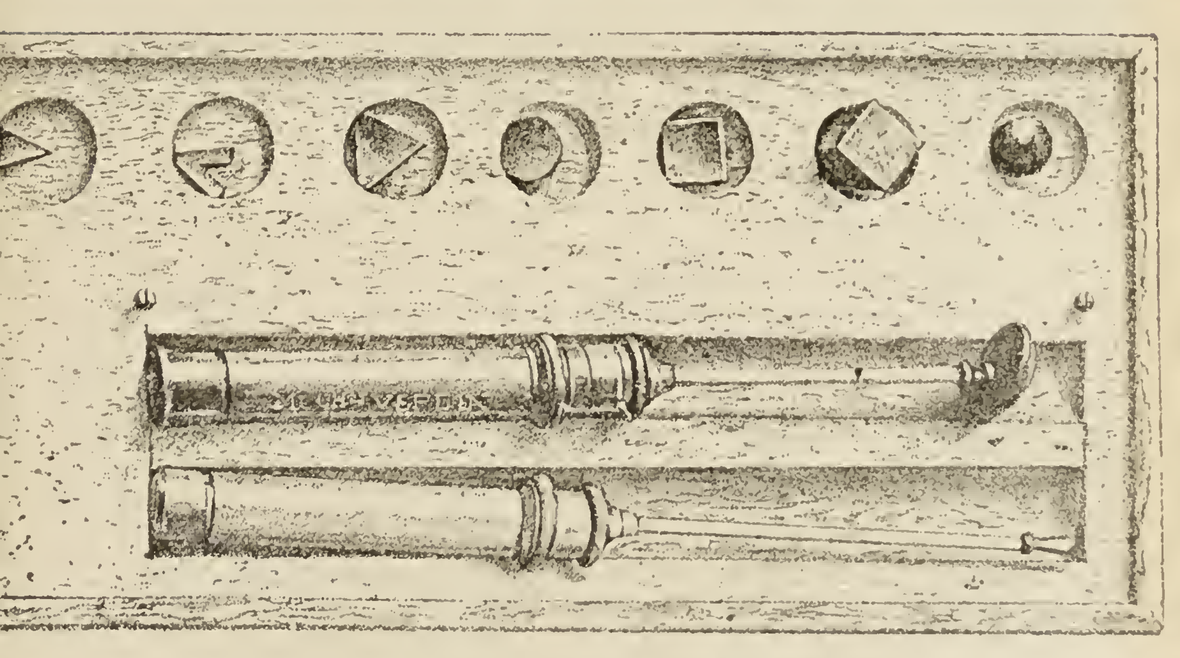


FIG. 43. — Plateau supérieur du stéréo-esthésimètre.

sis dans le stéréo-esthésimètre TOULOUSE et VASCHIDE sont des lames de cuivre d'une épaisseur de 0^{m},001 et représentant des rectangles (de 0^{m},005 de largeur),

des cercles, des carrés et des triangles équilatéraux ; les côtés ou les diamètres sont, pour tous ces objets, de $0^{m},01$ (fig. 42). On les chauffe à la température de la peau du sujet et on les pose sur une surface cutanée immobile. La perception exacte de la forme ne serait pas encore possible dans ces conditions.

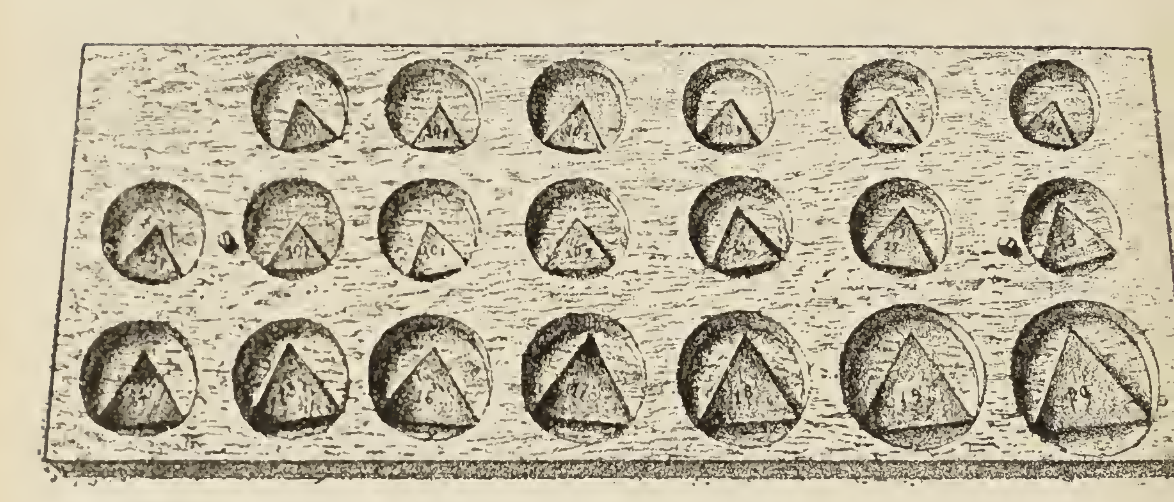


Fig. 44. — Plateau des triangles du stéréo-esthésimètre.

Pour la provoquer, on exerce une pression suffisante sur le centre de la figure géométrique au moyen d'un stéréognomètre (dynamomètre) à ressort gradué en grammes. L'acuité stéréognostique est mesurée par la pression minima qu'il faut exercer pour faire reconnaître chaque forme géométrique.

Pour la recherche des minima différentiels, on a fait construire des séries de rectangles, de cercles, de carrés, de triangles, où les longueurs (côtés et diamètres) des formes, croissent, par rapport aux étalons, dans une progression régulière, soit de 1 pour 100.

Voici en résumé la nomenclature des formes :

RECTANGLES. . .	pour la mesure des longueurs.	L'étalon a 100 dixièmes de millimètre de longueur, de diamètre ou de côté ; et les dimensions des formes sérielles, au nombre de 24, vont de 101 dixièmes de millimètre à 200 dixièmes de millimètre, en augmentant par 1 dixième de millimètre, de 101 à 110, et par 10 dixièmes de millimètre, de 110 à 200.
CERCLES. . . . CARRÉS. . . . TRIANGLES ÉQUILATÉRAUX. . .	pour la mesure des surfaces.	
TRIANGLES ISOCÈLES (Longueur des côtés semblables $0^m,01$).	pour la mesure des angles. .	L'angle extérieur formé par les deux côtés semblables de l'étalon a 45° ; les formes sérielles, au nombre de 23, vont de 45° 1/2 à 90°, en augmentant, par 1/2 degré de 45° 1/2 à 50°, par degré de 50° à 60°, et par 10 degrés de 60° à 90°.

N. B. — Les formes de chaque genre sont numérotées en chiffres exprimant les dixièmes de millimètre des dimensions variables.

On détermine la finesse de perception différentielle en recherchant dans les mêmes conditions que plus haut la forme la plus petite que le sujet peut différencier de l'étalon, la pression exercée étant constante et étant double de celle du minimum perceptible de certitude du sujet (c'est-à-dire de la pression suffisante pour faire reconnaître constamment la forme géométrique étalon).

La région optima pour cette exploration sera fournie par la face antérieure du poignet.

On prendra garde de bien exercer les pressions dans le centre de chaque surface pour qu'elle se répartisse également sur la peau.

La reconnaissance des surfaces étudiée par cette méthode est très défectueuse et pourra même faire

défaut ; la perception différentielle est généralement très loin d'être fine.

Avec des surfaces très petites, on pourrait explorer la pulpe des doigts, qui est beaucoup plus sensible que toute autre région et fournit des données stéréognostiques plus précises.

2. — Perceptions stéréognostiques dynamiques.

Les formes des objets sont connues, dans la vie courante, par une exploration qui réunit des sensations cutanées résultant des mouvements explorateurs des doigts sur les surfaces explorées, et des sensations kinésiques renseignant sur les mouvements explorateurs eux-mêmes.

Dans les conditions normales, les perceptions stéréognostiques sont très délicates, et les objets palpés sont très facilement reconnus : un cube, une sphère, une pyramide seront toujours différenciés.

Pour étudier la finesse de perception stéréognostique on peut faire appel à l'appréciation de la grandeur des objets ; il a paru plus exact de faire appel à l'appréciation même des formes par la déformation régulièrement progressive d'un corps géométrique : La sphère peut être transformée en ovoïde par interposition entre les deux hémisphères d'un cylindre de même diamètre et de hauteur progressivement croissante.

La série complète comprend 30 volumes de cuivre [1] d'un même poids de 5 grammes, obtenu grâce

1. On peut pour les déterminations courantes se contenter

à une tare intérieure variable, la sphère étalon ayant un diamètre de 10 millimètres.

Suivant la hauteur du cylindre surajouté entre les

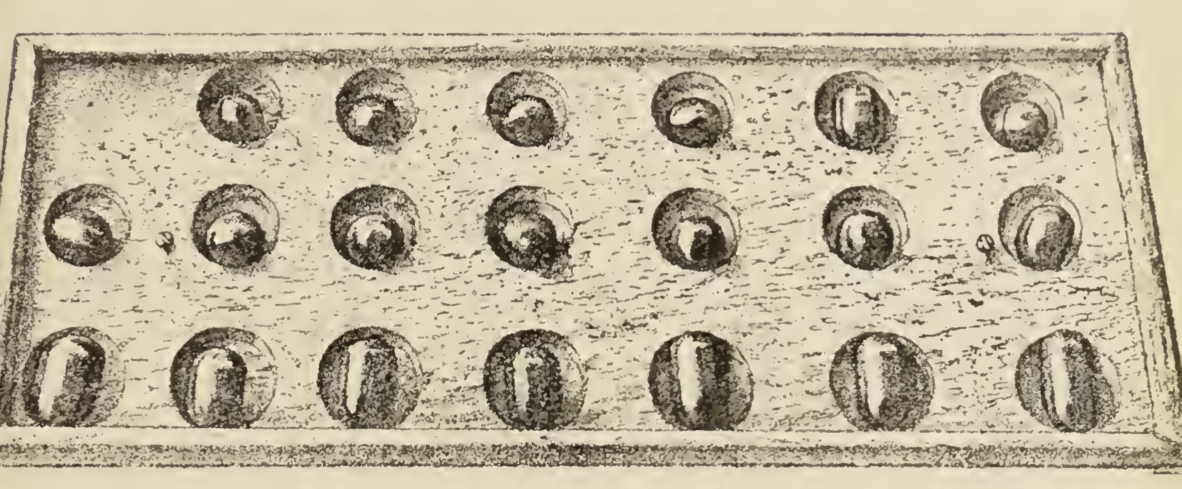


Fig. 45. — Une série des phéroïdes du stéréo-esthésimètre dynamique [1].

deux hémisphères, les corps ont, dans leur plus grande longueur :

10^{mm},0 (sphère étalon) ;
10^{mm},1 ; 10^{mm},2 ; 10^{mm},3 ; 10^{mm},4 ; 10^{mm},5 ; 10^{mm},6 ; 10^{mm},7 ; 10^{mm},8 ; 10^{mm},9 ;
11^{mm},0 ; 11^{mm},2 ; 11^{mm},4 ; 11^{mm},6 ; 11^{mm},8 ;
12^{mm},0 ; 12^{mm},2 ; 12^{mm},4 ; 12^{mm},6 ; 12^{mm},8 ;
13^{mm},0 ; 13^{mm},5 ;
14^{mm},0 ; 14^{mm},5 ;
15^{mm} ;
16^{mm} ;
17^{mm} ;
18^{mm} ;
19^{mm} ;
20^{mm}.

d'une série, plus petite de moitié par exemple, en adoptant, outre la sphère, les ovoïdes à 10^{mm},4, 10^{mm},6, 10^{mm},9, 11 millimètres, 11^{mm},2, 11^{mm},4, 11^{mm},6, 11^{mm},8, 12 millimètres, 12^{mm},4, 12^{mm},8, 13 millimètres, 14 millimètres, 15 millimètres. En ce qui concerne le poids, on pourrait le réduire a 1 gramme en employant l'aluminium.

1. La série représentée sur la figure ne comprend que 21 sphéroïdes et ne constitue donc pas la série complète.

Technique. — Le sujet ayant les yeux bandés, on lui donne à rouler entre le pouce, l'index et le médius de la main droite, s'il est droitier, ou de la gauche, s'il est gaucher, la sphère étalon chauffée à la température de la peau[1]. On le prévient que c'est une sphère : Car, si on lui demande si c'est bien une sphère, on note fréquemment qu'il ne la reconnaît pas comme telle. La sphère est en effet le corps qui, roulé dans les doigts, provoque partout une égale sensation de pression ; or, étant données les différences de sensibilité des doigts, cette parfaite égalité de pression subjective n'est jamais réalisée.

On laisse ainsi explorer par frottement et roulement la sphère pendant 5 secondes ; puis, au bout de 2 secondes, on donne au sujet le sphéroïde le plus voisin, à la même température, en lui demandant si les deux corps lui paraissent ou non identiques comme forme : il l'explore comme la sphère, et pendant le même temps. Ensuite, après 30 secondes, on redonne la sphère, puis un sphéroïde plus déformé, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'une différence donnée (qui tombera généralement entre les sphéroïdes de 11 millimètres et 13 millimètres de longueur) soit constamment perçue ; le contrôle est assuré en donnant de temps à autres deux fois de suite la sphère à explorer au sujet.

Une détermination identique pourrait être faite avec des cubes devenant progressivement des paral-

1. Si les corps n'étaient pas à la température de la peau, en effet, le sujet distinguerait la sphère, chaude parce qu'il l'a roulée dans ses doigts, des autres sphéroïdes non encore explorés et donnant une sensation de froid.

lélépipèdes rectangles allongés par augmentation progressive d'une des dimensions.

3. — Perception d'attitudes et déplacements globaux du corps.

Lorsque notre corps est vertical ou qu'il est incliné, nous savons à peu près quelle est notre position par rapport à la direction de la pesanteur, et cela, grâce à des renseignements divers formant un complexus sensoriel. Parmi les déplacements globaux de notre corps, il en est aussi qui sont toujours perçus par suite de multiples sensations, comme ceux d'ascension ou de descente, et, dès lors ils ne peuvent être étudiés qu'en tant qu'ils sont objet de perceptions complexes.

A. — *Perception somatique de la verticalité.*

La perception absolue de la position du corps par rapport à la verticale pourra être mise en évidence approximativement en faisant indiquer au sujet la direction de la verticale avec une baguette, pendant qu'on imprimera au corps des inclinaisons variées.

La perception différentielle s'obtiendra en recherchant quelle est la plus petite différence d'inclinaison perçue par le sujet.

Pour faire varier les inclinaisons, on disposera d'une planche matelassée basculable sur laquelle sera étendu le sujet, avec des courroies immobilisatrices pour

le corps et les membres, un butoir arrêtant les pieds, et un appui-tête pour immobiliser la région céphalique.

Au-dessous de la planche, de chaque côté de l'axe de rotation, est fixé un demi-cercle gradué en degrés et se déplaçant devant un index inférieur marquant la verticale : On peut lire ainsi d'un côté comme de l'autre l'angle d'inclinaison de la planche, le o de la graduation correspondant à l'index quand la planche est horizontale, et la graduation allant de 0° à 90° pour les inclinaisons en avant ou en arrière.

La planche doit avoir environ 2^{m},25 de long et être situé à 1^{m},50 du sol. Une vis de serrage permettra l'immobilisation dans toutes les inclinaisons.

Technique. — Le sujet étant convenablement installé, les yeux bandés, et maintenu par les courroies sur la planche horizontale, mais avec un bras libre, on donne une inclinaison déterminée, de 30° par exemple, et l'on demande au sujet avec une baguette d'indiquer la verticale. On fait tomber un fil à plomb qui coupe la direction de la baguette, et, avec un rapporteur on mesure l'angle d'inclinaison de la baguette sur le fil à plomb, c'est-à-dire sur la verticale, angle qui mesure l'erreur d'évaluation.

Puis, en donnant une inclinaison étalon à la planche, on demande au sujet de prévenir quand il se sentira plus ou moins incliné. On le laisse incliné, à 15° par exemple, pendant 5 secondes, puis on le ramène rapidement à l'horizontalité et on l'incline à 14° ou à 16°, de telle sorte que l'intervalle exigé par ces manipulations ne dépasse pas une dizaine de

secondes ; on le laisse 5 secondes encore dans la nouvelle position, et on le ramène à l'horizontalité où on le laisse 30 secondes. Puis on recommence à donner la position étalon, et la position à comparer, avec les mêmes intervalles, jusqu'à ce que, pour une différence donnée, les réponses du sujet soient constamment justes. Comme contrôle, on réalise deux fois de suite les mêmes inclinaisons.

On peut faire l'expérience avec trois inclinaisons étalons, de 15°, 30° et 45° par exemple.

B. — *Perception des déplacements ascensionnels.*

On disposera d'une planche suspendue où le sujet pourra être couché ou mieux assis, et identique à celle servant pour la perception labyrinthique des mouvements de translation.

Cette planche pourra être élevée au moyen d'un câble passant par des poulies et s'enroulant autour d'un treuil cylindrique mis en mouvement par un moteur électrique assez puissant au moyen de transmissions à chaîne réductrices de vitesse par un jeu de multiplications. Les diverses vitesses d'enroulement et de déroulement et par conséquent d'ascension et de descente s'obtiendront grâce à un rhéostat agissant sur la vitesse du moteur comme pour les expériences de translation.

Le seuil absolu se déterminera en cherchant la plus petite vitesse d'ascension ou de descente susceptible de provoquer une perception ; le seuil différentiel en faisant comparer à intervalles fixes une vitesse étalon

et une vitesse variable différant progressivement de la première.

La technique est identique à celle utilisée pour les expériences de translation.

4. — Illusions cutanées.

Il existe des illusions dans les appréciations cutanées fondées sur le sens du lieu de la peau.

En voici une qui est susceptible de mesure : Une série de points touchant la peau paraissent constituer entre les contacts extrêmes une longueur moindre que celle qui paraît comprise entre deux contacts extrêmes sans contacts intermédiaires.

Pour mesurer l'illusion, on commence par déterminer le minimum perceptible dans la comparaison des longueurs comprises entre deux contacts.

Pour le faire facilement, on perce dans des cartons des orifices par où l'on peut faire passer sans frottement des épingles très semblables, de même poids, de même longueur et de même pointe, sensiblement.

En perçant dans deux cartons les orifices à une distance étalon de 1 centimètre, et dans une série d'autres à des distances décroissantes par demi-millimètre, on applique successivement à très court intervalle les épingles de deux cartons, soit semblables, soit différant en longueur d'une certaine fraction ; à partir d'une différence d'un vingtième (un demi-millimètre sur 10 millimètres), on demande au sujet de dire quelle est la distance la plus grande comprise

entre les pointes. On détermine ainsi la valeur du minimum différentiel.

Puis on recommence, en prenant comme étalon un carton qui, outre les épingles des extrémités, éloignées d'un centimètre, en porte d'autres semblables, traversant aussi des orifices, percés à la distance de 2 millimètres les uns des autres et des orifices extrêmes.

Puis on recommence à déterminer le minimum différentiel, qui est souvent alors plus élevé : il faut rapetisser davantage l'intervalle entre les deux pointes sans contact intermédiaire pour que cet intervalle commence à paraître plus petit : il paraît en effet plus grand au début [1].

Technique. — Les cartons étant préparés, on installe le sujet comme dans les expériences avec le compas haphi-esthésimétrique ; on applique constamment une pointe sur la partie médiane du pli de flexion de la face interne du poignet, et l'autre plus ou moins loin dans la direction longitudinale de l'avant-bras.

On fait durer le contact deux secondes environ, et aussitôt après (deux secondes après environ) on applique les contacts de comparaison, que l'on fait durer le même temps. Entre chaque couple on laisse un intervalle d'une dizaine de secondes. Comme contrôle on utilise deux fois de suite, dans le couple de comparaison, la longueur étalon.

1. Nous verrons qu'il existe pour la vue une illusion exactement inverse.

CHAPITRE II

MESURE DES PERCEPTIONS LIÉES A DES SENSATIONS VISUELLES ASSOCIÉES

Comme pour les sensations cutanées, les sensations visuelles, s'unissant à des sensations kinésiques, fournissent des perceptions qu'on rapporte souvent à la vue seule, tandis qu'elles représentent des complexus plus ou moins riches. En outre certaines opérations intellectuelles se surajoutent aux opérations plus simples impliquées par les jugements sensoriels élémentaires, et fournissent des perceptions qui, souvent trompent le sujet sur la nature des phénomènes perçus, comme dans la plupart des illusions optiques. Enfin, on doit se rappeler que la vision normale, binoculaire, implique l'unification de sensations doubles, et les variations de cette fusion assez complexe peuvent être étudiées séparément.

1. — Perception des profondeurs.

Lorsqu'un objet est vu, il apparaît en dehors de l'œil, et on ne peut déterminer un seuil absolu pour la perception de profondeur.

On ne peut déterminer que le seuil différentiel, c'est-à-dire la plus petite différence de distance d'un objet à l'œil, qui puisse être objet de perception. Cette détermination se fera dans la chambre noire, tout d'abord avec des simples points lumineux, pour éliminer les variations de grandeur apparente corrélatives de l'éloignement, et ensuite, en faisant intervenir ce facteur, en outre des variations d'éclat également corrélatives de la distance, et des sensations fournies par les variations de l'ouverture pupillaire. Enfin les expériences se feront comparativement en vision monoculaire et en vision binoculaire pour déterminer l'influence du facteur représenté par les sensations de convergence, très importantes aux courtes distances[1].

On emploiera comme sources de lumière des lampes à incandescence étalonnées de 16 bougies et enfermées dans des cubes de carton ou de bois noirci. Une des faces constituera un châssis mobile : on emploiera des châssis percés d'un orifice très petit, obtenu par un trou d'aiguille et ayant environ un dixième de millimètre de diamètre, ou portant une fenêtre lumineuse circulaire de 1 centimètre de diamètre en albatrine (substance diffusive) ou à la rigueur en bristol.

Les tubes, montés sur pied à hausse mobile, se-

1. On détermine aussi la finesse des sensations binoculaires de profondeur par une expérience de Helmholtz, relative à ce qu'on appelle l' « acuité stéréoscopique ». Le sujet doit placer lui-même une aiguille, montée sur un support, au même plan vertical que deux autres aiguilles de même diamètre, situées à la distance interoculaire (environ 65 millimètres) à quelques centimètres des yeux.

ront déplacés, l'un à droite, l'autre à gauche d'une règle graduée en millimètres posée sur une table longue de $2^{m},50$ environ. Un index fixé au pied marquera le plan de la face antérieure à point lumineux ou à surface lumineuse de la chambre noire cubique.

Technique. — Le sujet est assis la tête fixée par un appui-tête, contre la table où se trouvent les supports des lampes. On règle la hauteur des chambres cubiques de telle façon que le plan horizontal du regard passe par les points lumineux ou les centres des surfaces lumineuses.

On prendra la distance des globes oculaires à l'occiput avec le compas d'épaisseur des anthropologistes, et l'on aura ainsi les deux côtés d'un triangle isocèle ; on en tirera la valeur de la perpendiculaire médiane, qui relie le sommet, à l'occiput, à la ligne réunissant les globes oculaires. On placera alors le o de la règle à une distance de l'appui-tête égale à cette valeur, de telle façon que ce o se trouve sur le plan tangent aux globes oculaires.

On place les deux supports à une distance déterminée du sujet (on pourra prendre successivement, par exemple, les distances de 50 centimètres, 1 mètre et 2 mètres), symétriquement par rapport au plan bissecteur de la ligne interoculaire si le sujet apprécie avec les deux yeux, ou du plan bissecteur de l'œil unique utilisé, dans l'autre cas ; la distance entre les centres des surfaces ou entre les points lumineux sera de 15 centimètres.

Grâce à un commutateur commun intercalé sur les circuits des deux lampes, on allume celles-ci, qui

éclairent alors les surfaces ou les points lumineux, et on les éteint au bout de 5 secondes.

On déplace alors, à l'insu du sujet, et en utilisant une lampe de poche de faible éclat, l'un des supports ; l'on rallume pour 5 secondes après un intervalle d'environ 30 secondes, et l'on demande au sujet de dire s'il perçoit une différence de distance entre les deux surfaces ou points lumineux, et s'il peut indiquer de quel côté est le plus grand éloignement. En replaçant de temps à autre le deuxième support à la même distance que le premier, à titre de contrôle, et en augmentant progressivement la distance, on arrive à déterminer la plus petite différence perçue par le sujet (seuil de sensation lorsque la différence n'est pas précisée, seuil de perception dans le cas contraire). Cette différence n'est pas représentée par une valeur absolue mais par une fraction rapportée à la distance étalon comme dénominateur.

2. — Perception des grandeurs.

Dans un plan vertical, à distance donnée du plan vertical tangent aux globes oculaires, on peut percevoir la distance entre deux points dans diverses directions, en particulier en distance verticale et en distance horizontale. On peut en outre apprécier des ouvertures angulaires.

A. — *Perception des largeurs.*

Pour étudier la perception des distances horizon-

tales, on peut, le sujet étant placé à une distance de 50 centimètres, employer les supports avec lampes éclairant des points rendus lumineux et dont on fait varier l'écartement. Mais pour obtenir la comparaison permettant de déterminer le minimum différentiel il faudrait deux couples de lampes et d'appareils.

Il est plus simple de faire comparer des lignes : on place sur un support un carton portant tracée une ligne étalon ; une série de cartons identiques portent, l'un une ligne égale à la ligne étalon, et une série d'autres des lignes croissant ou décroissant par demi-millimètre ; ces cartons sont placés sur un support identique symétrique au premier : on emploiera les mêmes dispositifs de fixation du sujet, d'évaluation de la distance par rapport à lui, que pour la détermination de la finesse de perception des distances en profondeur.

On pourra adopter comme distance par rapport au plan tangent aux globes oculaires 57 centimètres : à cette distance en effet, un centimètre correspond à peu près à un degré et l'on peut rapporter les mesures à des ouvertures angulaires ayant une valeur plus générale.

Un écran sera interposé entre le sujet et les cartons, écran qui sera enlevé pour permettre la vision des deux grandeurs à comparer, et remis aussitôt afin d'empêcher le sujet d'assister aux manipulations. On pourra utiliser tel dispositif que l'on voudra pour faciliter cette obstruction habituelle du champ visuel avec suppression momentanée, durant un temps sensiblement constant.

On pourra employer l'appareil de présentation assez simple que nous décrivons plus loin [1].

Technique. — Le sujet étant convenablement placé et sa vue étant arrêtée par un écran noir, on dispose, dans les supports réglés à la hauteur voulue, pour que le plan horizontal des lignes présentées comprenne la ligne du regard, à gauche le carton portant la ligne étalon (qui pourra être, dans des expériences successives de $12^{mm},5$, 25 millimètres et 50 millimètres), à droite un carton [2] portant une ligne plus grande ou plus petite de un demi-millimètre. On enlève l'écran pendant 5 secondes, on le replace ; on demande au sujet s'il perçoit une différence de grandeur et s'il peut la désigner ; on substitue ensuite au carton de droite un autre différant de 1 millimètres de l'étalon, et ainsi de suite progressivement, en montrant les lignes pendant 5 secondes, avec 30 secondes d'intervalle chaque fois, jusqu'à ce qu'on ait atteint les différences minimales perçues, les seuils, pour des réponses constamment correctes ; le contrôle consiste à mettre de temps en temps sur le support de droite une ligne égale à la ligne étalon.

B. — *Perception des hauteurs.*

L'expérience sera absolument identique à la précédente, dans tous ses détails ; les mêmes cartons pour-

1. Voir tome II, p. 94.
2. Il faut employer des cartes de bristol tout à fait identiques qui ne puissent être différenciées par aucun repère et les traits doivent avoir exactement même épaisseur, de $0^{mm},5$.

ront être utilisés, mais ils seront disposés de telle façon que les lignes soient verticales au lieu d'être horizontales.

La hauteur des supports sera réglée de telle façon que la ligne horizontale du regard passe par le milieu des lignes étalons.

C. — *Perception des positions relatives.*

La perception des distances, sous forme de lignes d'une certaine grandeur, ne s'effectue pas comme la perception de distances intervalles entre deux objets ; pour l'étudier on pourra reprendre la série des grandeurs linéaires précédentes, mais en se contentant de marquer par deux points les extrémités des lignes.

Pour étudier une perception plus complexe des distances entre deux objets, c'est-à-dire la perception de leurs positions relatives, on pourra faire appel aux positions variables d'un point dans un cercle.

On tracera des cercles de 3 centimètres de diamètre sur des cartons. L'apex sera marqué par un point fixe. Dans ces cercles on déterminera des positions étalons déterminées sur un rayon à une distance donnée du centre (non indiqué), rayon distant du rayon de l'apex d'une certaine ouverture angulaire. On fera comparer l'étalon, d'une part à une série de figures où l'on fera varier, sur le même rayon, la position du point par demi-millimètre en se rapprochant ou en s'éloignant de la circonférence, et d'autre part à une série de figures où le rayon du point, qui restera sur une circonférence (non tracée bien entendu) concen-

trique à la circonférence tracée, à la distance étalon de celle-ci, sera déplacé en se rapprochant ou en s'éloignant de l'apex, par 30′.

La technique de présentation sera la même que pour la perception différentielle des grandeurs linéaires, avec les mêmes durées, mêmes intervalles, même contrôle, etc.

On déterminera les seuils différentiels de sensation et de perception (différence définie notée) pour les variations angulaires et pour les variations linéaires du point par rapport à la circonférence.

On pourrait aussi, suivant un procédé de Mac Dougall, destiné d'ailleurs à l'étude de phénomènes d'aperception attentive, présenter des points lumineux sur fond noir (ouvertures dans un écran de papier noir cachant un fond lumineux). On donne alors au sujet du papier quadrillé millimétré et on lui demande de placer, sur des intersections de lignes, les différents points présentés dans leurs positions respectives, et l'on n'a plus qu'à noter les erreurs des localisations respectives des points, pris deux par deux, en mesurant les écarts des projections verticales des ordonnées, et les écarts des distances horizontales des abscisses.

D. — *Perception des ouvertures angulaires.*

On pourra encore procéder exactement de la même façon, mais on disposera d'une série de cartons portant des angles. La technique de présentation sera identique.

Voici seulement quelques détails sur les angles

qui pourront être utilisés pour la détermination de cette finesse de perception assez complexe.

On prendra comme étalons, si l'on fait plusieurs déterminations, des angles aigus (de 30° et 60° par exemple) et obtus (par exemple de 120°). On pourra donner une longueur de 5 centimètres aux branches de l'angle.

La série des angles à comparer à l'angle étalon comprendra un angle de même ouverture et les autres différant de celui-ci par 30′ en plus ou en moins. Une série d'une douzaine sera largement suffisante pour comparer à chaque étalon.

E. — *Perception des étendues.*

Les grandeurs des surfaces sont différenciées par un mécanisme plus complexe que les grandeurs linéaires. L'étude de la finesse de cette perception se fera très facilement en faisant comparer, toujours dans les mêmes conditions, des cercles dont l'étalon aura 10 millimètres de diamètre, et dont les témoins à comparer auront des diamètres croissant ou décroissant par demi-millimètre. La technique sera toujours identique. Mais la mesure différentielle portera sur les surfaces en millimètres carrés, l'étalon ayant $78^{mm2},5$.

On pourra utiliser également des carrés de 10 millimètres de côté, croissant ou décroissant par demi-millimètre, la comparaison des surfaces ayant cet avantage de se rapporter à un nombre rond, 100 millimètres carrés.

3. — Perception des formes.

On peut utiliser, pour la détermination de cette finesse de perception, la série des sphères du stéréo-esthésimètre, et chercher le plus petit allongement perceptible de la sphère ou plus exactement du cercle de projection sur la rétine.

Si l'on ne dispose pas de l'appareil, ou même pour faciliter la technique, on fera tracer sur des cartons, d'une part des cercles étalons de 10 millimètres de diamètre, identiques au cercle sous lequel est vue la sphère, et d'autre part des ellipses obtenues par aplatissement progressif du cercle, au moyen de l'allongement du diamètre horizontal, allongement qui pourra prendre les mêmes valeurs que pour les sphéroïdes du stéréo-esthésimètre.

On peut employer aussi des carrés se transformant progressivement en rectangles allongés ou aplatis, par augmentation ou réduction de la longueur du côté horizontal[1].

La technique de présentation et de comparaison pourra être identique à celle qui a été indiquée pour toutes les déterminations précédentes.

4. — Perception des déplacements.

L'étude de la finesse de perception des déplacements devra se faire, comme pour la perception des

1. Voir les tests, page 288.

profondeurs, à la chambre noire, avec des dispositifs très semblables; on fera appel au point lumineux éclairé par une lampe étalon de 16 bougies enfermée dans un cube noirci monté sur support de hauteur variable.

Le sujet sera placé de telle façon que, entre le point lumineux et le plan tangent à ses globes oculaires, il y ait une distance de 57 centimètres (en sorte qu'un déplacement de 1 centimètre corresponde à peu près à 1 degré).

La détermination de la distance, l'installation du sujet, la détermination de la hauteur du point lumineux (niveau du plan horizontal du regard), etc., se feront comme pour l'étude de la perception des profondeurs.

On étudiera successivement la vision monoculaire et la vision binoculaire, et séparément aussi la perception des déplacements sans repère ou avec repère. Le repère consistera en un point lumineux identique au point mobile, mais placé, dans le même plan vertical, à 15 centimètres au-dessus de la ligne parcourue par le mobile. Pour cela on suspendra la chambre noire fixe de telle façon que la chambre mobile puisse passer au-dessous.

Les déplacements s'obtiendront en fixant le support vecteur de la chambre mobile, et par conséquent du point lumineux mobile, sur un chariot de cylindre, à vitesse réglable (par exemple au moyen d'une transmission à partir des roues mues par le moteur du cylindre muni d'un régulateur de Pickering). Des pas de vis très serrés permettent de réaliser des déplacements extrêmement lents.

On déterminera le seuil d'étendue du déplacement, en faisant parcourir, à vitesse constante, des distances progressivement croissantes, à partir d'un demi-millimètre (soit 3'); puis le seuil de vitesse du déplacement, en faisant parcourir une même distance à des vitesses progressivement croissantes à partir de 5 millimètres (ou 30') à la minute, soit 30'' à la seconde, vitesse inférieure au seuil probable. On pourra prendre comme distance le double du seuil. Il importe en effet de ne pas adopter une distance trop grande, si l'on utilise un repère, car, sans être sensible au mouvement, pendant qu'il s'effectuera, le sujet pourra apprécier les variations de positions résultantes des deux points d'un moment à l'autre.

La sensibilité est d'ailleurs extrêmement moindre quand il n'y a pas de repères (20 à 40 fois moindre), et permet alors de déterminer la véritable perception du déplacement.

Les déplacements s'effectueront de gauche à droite si l'on ne fait qu'une détermination, ou successivement dans les deux sens pour comparer la finesse d'évaluation, qui n'est généralement pas identique, dans chacun d'eux.

On déterminera la position de départ du point à une distance de 1 centimètre à droite ou à gauche de la ligne médiane du regard, qui sera marquée par le point fixe lorsqu'on usera d'un repère.

Pour la réalisation des vitesses, et de l'étendue des déplacements, on procédera comme pour la perception cutanée des déplacements [1].

1 Voir p. 200.

Pour déterminer les seuils différentiels d'étendue (à vitesse constante) et de vitesse (pour une étendue constante) des déplacements, on devra utiliser la comparaison de deux déplacements successifs.

On fera parcourir, comme premier terme de chaque couple de comparaison, au mobile, la distance étalon à la vitesse étalon ; puis, comme second terme, une distance progressivement plus grande, ou plus petite, variant par demi-millimètre (par 3′), à vitesse constante, ou la même distance à vitesse progressivement plus lente ou progressivement plus rapide, variant par un ou par deux millimètres à la minute, c'est-à-dire par 6′ toutes les 60 ou 30 secondes.

La distance étalon pourra être de 10 centimètres ou 10° (on pourra également faire les déterminations pour une distance moitié moindre, de 5 centimètres ou 5°, et pour une distance double, de 20 centimètres ou 20°).

La vitesse étalon pourra être fixée à 10 centimètres ou 10° à la minute (on pourra également faire les déterminations à une vitesse moitié moindre, de 5 centimètres ou 5° à la minute, et à une vitesse double, de 20 centimètres ou 20° à la minute).

Technique. — Le sujet étant installé comme pour les expériences sur la perception des profondeurs, un écran est également placé devant lui.

On délimite la distance de parcours du point lumineux au moyen de deux écrans noirs (qui le masquent et entre lesquels il est visible, la distance des écrans, placés à 1 millimètre en avant de la surface de la chambre où est percé le point lumineux, étant réglée par demi-millimètre.

On met en marche le support, et l'on enlève l'écran qui obstrue le champ visuel du sujet quand le point va apparaître dans la fenêtre ménagée entre les écrans. Lorsqu'on use du repère fixe, on peut le laisser allumé d'avance, ou le faire allumer automatiquement par un contact, établi par le chariot au moment où le point lumineux apparaît entre les écrans, et rompu au moment où il disparaît.

On laisse un intervalle d'une à deux minutes entre deux expériences.

Les manipulations se font avec une lampe électrique de poche derrière l'écran qui masque la vue du sujet.

Pour la détermination des seuils différentiels, l'intervalle entre la fin du déplacement étalon, et le début du déplacement à comparer, dans un couple de présentation, ne devra pas excéder 30 secondes, les manipulations étant faites le plus rapidement possible.

Les mesures des seuils différentiels s'évalueront naturellement par des fractions, la différence minima perçue (comme étendue ou comme vitesse) étant rapportée à la valeur du déplacement étalon.

Un autre dispositif, dont le principe est dû à Bourdon, permet aussi de provoquer des déplacements horizontaux d'un point ou d'une surface lumineuse à vitesse variable : on éclaire une ligne constituée par une fente mince dans un écran noir : cette ligne est masquée par un disque noir opaque qu'on peut faire tourner à différentes vitesses. Lorsqu'on perce le disque d'une fente oblique, au moment où cette fente passe devant la fente fixe, elle détermine un point lumineux

losangique qui se déplace dans le sens de la fente avec une vitesse qui dépend de la vitesse du disque et de l'inclinaison de la fente. Les longueurs des fentes permettent de régler l'étendue du déplacement. On peut ainsi, par le déplacement apparent du point lumineux déterminé par ce procédé, faire toutes les mesures précédemment indiquées.

Il est même possible, ce qui constitue un très sérieux avantage, de faire comparer deux déplacements à très court intervalle, en employant un disque à fente étalon et à fente variable donnant deux déplacements inégaux à même vitesse, lorsque les deux fentes passent, l'une après l'autre, devant la fente fixe. En changeant un peu l'obliquité de la deuxième fente du disque ou simplement son excentricité, qui augmente aussi la vitesse (le disque pouvant porter diverses fentes obstruables et dont on découvre celle qui correspond à la vitesse désirée), on peut obtenir deux déplacements successifs à vitesse différant de la plus petite quantité qu'on le veut.

5. — Perception fusionnée binoculaire.

La perception du relief, qui est fournie par la fusion des impressions différentes, reçues par les deux yeux, des objets compris dans le champ visuel commun, n'est guère susceptible de détermination précise, car elle reste dans une large mesure subjective. On pourra s'assurer de sa réalité en employant au stéréoscope des images semblables, incapables de donner la sensation du relief ou les images stéréoscopiques

donnant des vues prises sous des angles différents, et qui fournissent cette sensation, et en demandant au sujet de dire quand il perçoit et quand il ne perçoit pas le relief. Le relief n'est pas perçu lorsqu'il n'y a pas fusion des images, soit pour des raisons cérébrales, soit à cause de la prédominance des données d'un œil, très supérieur à l'autre comme sensibilité, soit encore par suite de strabisme (la fusion ne se faisant que pour des images localisées dans des points « identiques » des deux rétines des deux foveas).

Mais le phénomène de la fusion plus ou moins facilement réalisée est susceptible d'études plus précises.

A. — *Fusion stéréoscopique.*

On prépare sur des cartons que l'on présentera au stéréoscope des figures différentes susceptible de réaliser une figure unique par fusion (en les situant aux distances convenables pour qu'elles projettent leur image sur les points correspondants de la rétine en vision parallèle, au moyen du parallélisme assuré par l'appareil.

I. Un cercle à gauche, et un point à droite devant aboutir, dans la fusion, au centre du cercle.

II. Un carré rayé horizontalement à gauche, et, à droite, une série de lignes verticales devant, dans la fusion, compléter le quadrillage du carré.

III. Deux côtés adjacents inférieurs et un côté opposé supérieur d'un pentagone régulier à gauche, et à

droite, les deux côtés opposés qui compléteront le pentagone à la fusion [1].

IV. A gauche la lettre F et à droite la lettre L, dont la fusion donne la lettre E [2].

V. A gauche les lettres impaires du mot *Constantinople*, et, à droite, les lettres paires devant s'intercaler par fusion pour compléter le mot.

VI. A gauche un cercle noir et à droite un cercle gris foncé devant se superposer.

VII. A gauche un cercle vert et à droite un cercle violet devant se superposer.

On déterminera si le sujet voit les figures fusionnées au stéréoscope, s'il les voit de suite ou au bout d'un temps qu'on déterminera, enfin si la fusion est passagère ou persistante. On s'assurera de la fusion en lui faisant décrire ce qu'il voit. Il y a en général dans la plupart de ces cas, faute d'une suffisante similitude des figures, un certain antagonisme des champs assez difficilement fusionnés.

Pour les cercles des deux couleurs différentes, dont la fusion est impossible [3], on observe la prédominance d'une couleur, puis de l'autre ; on notera quelle est la première couleur prédominante et

1. Voir les tests, page 291.

2. Ce test est employé par les ophtalmologistes pour déterminer s'il y a bien vision binoculaire fusionnée ; le sujet ne voit pas en effet d'F ni d'L, il ne voit alors qu'un E. La fusion se produit normalement fort bien pour ce test, à cause d'une grande partie commune des deux images. Voir le test, page 291.

3. La fusion ne se fait quelquefois que pour certaines couleurs complémentaires, comme le vert feuille et le rose, donnant un gris verdâtre, et le vert clair froid (vert de Schweinfurt) et l'orangé, donnant un gris bleuâtre.

combien de temps dure la phase de vision de cette couleur ; puis on notera la durée de la phase de vision de l'autre couleur.

Lorsque, ce qui n'est point rare, la fusion pour certains tests (comme celui de l'F-L) est instantanée, on peut alors, en donnant une inclinaison de 45° au test, dans le stéréoscope, dissocier au préalable la vision droite et la vision gauche. On peut alors, en faisant basculer le test pour le rendre horizontal rompre un contact électrique et demander au sujet, lorsque les 2 figures seront remplacées par la figure nouvelle unique, de presser sur une clef de Morse pour rétablir le circuit rompu.

En intercalant un chronomètre, on peut alors mesurer exactement le temps de fusion dans ces conditions.

B. — *Fusion libre.*

On peut, par des variations de la convergence ocu-

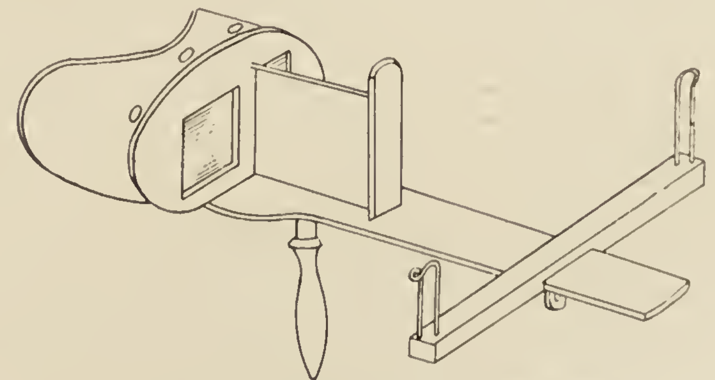


Fig. 46. — Stéréoscope de Brewster.

laire, arriver à fusionner deux images différentes présentées séparément à chaque œil. On remplacera

dans un stéréoscope à main portatif, un stéréoscope de HOLMES (système de BREWSTER), les oculaires par des verres simples, et l'on refera les expériences de fusion, en demandant au sujet comment les images lui apparaissent. S'il existe un rapprochement, sans fusion complète, on mesure ce rapprochement.

Les images doivent se trouver à la distance interoculaire (environ 65 millimètres). On fera comparer par exemple des cônes, qui apparaissent au stéréoscope en relief ou en profondeur, et qui apparaîtront différemment suivant que le sujet dissociera ses mouvements oculaires par excès de convergence (en croisant) ou par divergence[1].

6. — TEMPS DE PERCEPTION.

Il n'est pas possible de déterminer, nous l'avons dit, la durée minima compatible avec une sensation lumineuse, cette durée étant beaucoup trop courte pour nos moyens de mesure. Mais, pour les perceptions complexes, il est possible de déterminer le minimum de durée impliqué par la perception.

De nombreuses méthodes peuvent être utilisées dans ce but : on peut, dans une chambre noire, provoquer un éclairement momentané au moyen d'étincelles électriques de durée variable[2]. On peut encore

1. Voir les tests p. 289-290.

2. On peut, avec des tubes de GEISSLER, et l'appareil que nous décrirons plus loin pour l'étude du sens du temps régler automatiquement et à volonté la durée de l'éclairement. Voir p. 250.

enfermer dans une chambre noire une source lumineuse constante, et envoyer un éclat lumineux, soit par le jeu d'un obturateur photographique, soit par celui d'un disque tournant à vitesse variable, avec une fenêtre de dimension variable.

Enfin on peut obstruer la vue de l'objet à percevoir et le découvrir pendant un instant, par le jeu encore, soit d'un obturateur photographique à rideau ou à diaphragme, soit d'un disque tournant comme dans les très nombreux tachistoscopes qui ont été construits pour cette mesure de la rapidité des perceptions, tels que ceux de Exner, Erdmann-Dodge, Schumann, Marbe, etc., etc.

Le plus parfait des tachistoscopes, qui sera choisi de préférence, est celui de Michotte, que nous avons précédemment décrit [1].

Si l'on ne dispose pas de ce tachistoscope, on emploiera l'une des méthodes suivantes : ou bien on placera au-devant et au-dessus de la région où le sujet aura à regarder, une chambre noire fermée par un obturateur et où on enfermera des lampes à incandescence, susceptibles d'éclairer la région en question en lui fournissant environ 50 lux. On pourra déclancher l'obturateur avec une poire de caoutchouc, de façon à découvrir la source lumineuse pendant un temps donné, et l'on déterminera l'étendue de la perception durant ce temps.

Ou bien on éclairera constamment la région en lui fournissant un éclairement de 50 lux, et on la masquera à la vue du sujet par un écran

1. Voir p. 161.

percé d'une ouverture close par un obturateur : un œil étant fixé contre l'encadrement circulaire de l'obturateur, on découvrira le champ visuel par le jeu de la poire pendant un temps donné, et l'on déterminera comme précédemment l'étendue de la perception.

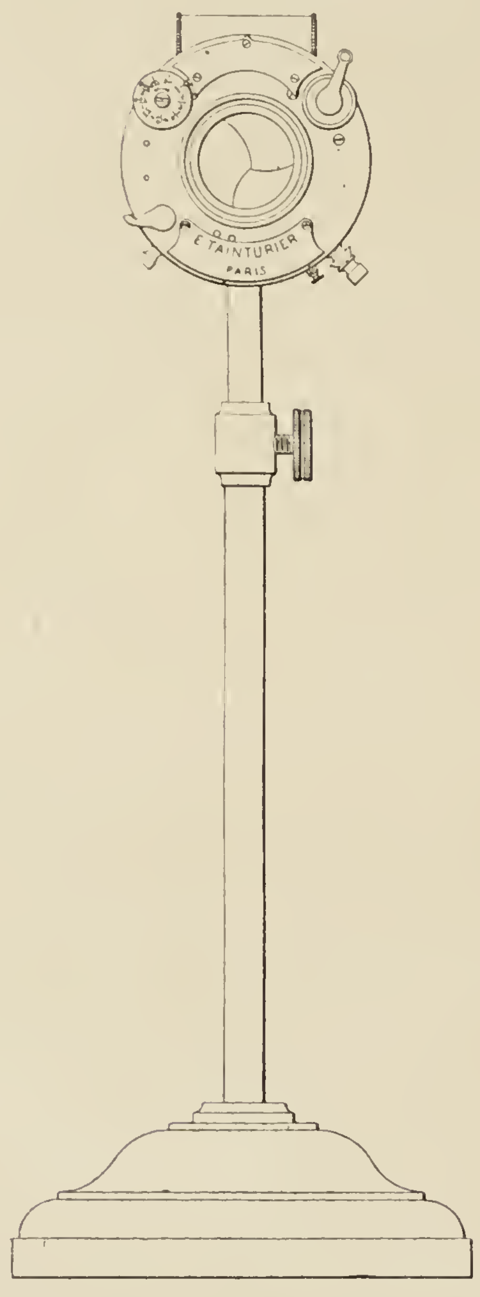


Fig. 47. — Obturateur monté pour la détermination des temps de perception.

Cette méthode ne permet pas de déterminer le seuil de durée pour une perception quelconque, mais, pour certaines durées données (1/200, 1/100, 1/50, 1/25 de seconde, etc.) l'extension de la perception, ce qui donnerait le seuil pour une perception identique.

On déterminera combien, en 1/200, en 1/100, en 1/50, en 1/25 et en 1/5 de seconde, un sujet peut percevoir de formes juxtaposées (cercles, triangles, rectangles, carrés, etc.), de chiffres, de consonnes, de lettres groupées par trois en syllabes, de lettres

constituant des mots sans lien, de lettres constituant des mots réunis en phrases.

On cherchera aussi quel est le polygone régulier le plus compliqué qu'il soit possible au sujet de percevoir, en prenant des hexagones, dodécagones, etc, et en lui faisant déterminer, sur un tableau où les divers hexagones présentés se trouvent juxtaposés, celui qui lui a été présenté.

On pourra également reprendre toutes les sensibilités différentielles de grandeur, de distance, de profondeur, etc., en déterminant les seuils pour une durée de présentation très courte, de 1/100, de 1/50 de seconde. On saura qu'au-dessous de 1/50 de seconde, à partir de 1/75, et, surtout de 1/100 à ce qu'il semble, on élimine le plus petit mouvement des yeux, et qu'ainsi la mesure de la sensibilité différentielle aux distances, aux grandeurs, doit pouvoir s'effectuer sans participation du sens kinésique oculaire.

Technique. — Le sujet est placé devant l'obturateur, un œil appliqué dans l'ouverture. On fixe à une distance déterminée, $5^m,70$ par exemple, le tableau portant les cartons où se trouvent masqués les dessins, chiffres ou lettres, à présenter au sujet. L'épaisseur des traits, à la distance de $5^m,70$, pourra être de 10 millimètres, ce qui correspond à une vision angulaire de $6'$; les figures, les lettres ou chiffres, dans leur ensemble, seront inscrits dans un carré de 100 millimètres de côté, ce qui correspond à 1° comme angle de vision. On se trouve ainsi très au-dessus de l'acuité normale, et les conditions peuvent convenir à des sujets d'acuité très diverse. Il serait plus précis évidemment de prendre un angle multiple de l'angle

minimum de différenciation mesurant l'acuité visuelle, quintuple par exemple. Mais il faudrait alors un jeu de tests de différentes dimensions, tel qu'avec de légères variations dans la distance on puisse réaliser les angles requis.

Il faut que le sujet soit en tout cas à une distance du test supérieure à 5 mètres, pour que la perception puisse s'effectuer sans effort d'accommodation, c'est-à-dire sans perte variable de temps ; or l'œil au repos, dans la vision dite « à l'infini », perçoit correctement à partir de 5 mètres, bien que la limite exacte soit de 20 mètres, les variations accommodatives étant en effet pratiquement négligeables à partir de 5 mètres.

On déterminera le maximum de perception pour des durées très brèves ; il est inutile de dépasser le nombre de 4 ou 5 figures perçues, quand il s'agit de formes diverses, de chiffres, ou de consonnes isolées, car, sans cela, des défectuosités de mémoire pourraient intervenir et limiter en apparence l'étendue de la perception.

7. — Illusions visuelles.

Les perceptions comparatives complexes fournissent fréquemment des indications erronées sur les rapports réels des objets. Le mécanisme de l'erreur de perception est souvent déterminé avec certitude, parfois il apparaît encore obscur. Mais la plupart des illusions, qui varient d'intensité avec les sujets, sont susceptibles d'évaluation.

Nous allons indiquer comment on peut procéder pour un certain nombre d'entre elles, qui peuvent être variées à l'infini, mais se rapportent à quelques types bien définis.

Presque toutes concernent la comparaison de grandeurs, lignes ou surfaces. Mais il en est qui concernent les directions apparentes des lignes, et qui peuvent se rapporter à l'illusion, dite de ZOELLNER, comme type.

A. — *Illusions dans la comparaison de grandeurs linéaires.*

A longueur égale, une ligne verticale paraît plus longue qu'une ligne horizontale, une ligne horizontale barrée par des petits traits verticaux paraît plus longue qu'une autre nue, une ligne portant à ses extrémités des angles sortants paraît plus longue, et une ligne portant des angles rentrants plus courte, qu'une autre ne portant rien aux extrémités ou portant des traits verticaux [1].

L'étude de l'illusion se fera par la méthode qui a servi à l'établissement du minimum différentiel dans la perception comparative des grandeurs.

On prendra comme étalons une ligne verticale de 25 millimètres de long, le carton la portant étant placé sur le support de gauche ; à droite on présen-

1. Dans l'illusion de MÜLLER-LYER, la comparaison s'effectue entre les deux lignes à angles rentrants et sortants ; mais, suivant les sujets, le raccourcissement est plus prononcé, ou moins, que l'allongement. Aussi faut-il dissocier la comparaison. Voir les tests pour des figures de ces illusions, p. 292-293.

tera des cartons portant des lignes horizontales croissant par demi-millimètre à partir de 25 millimètres.

On prendra de même comme étalon une ligne horizontale de 25 millimètres, avec 11 traits verticaux, 2 aux extrémités, et 9 intermédiaires équidistants, tous les $2^{mm},5$; la hauteur de ces traits sera de 4 millimètres et la grosseur du trait de $0^{mm},25$ (la grosseur du trait de la ligne étant toujours de $0^{mm},50$).

Les mêmes témoins de comparaison seront employés, sur le support de droite.

On prendra encore comme étalon une horizontale de 25 millimètres de long, terminée aux deux extrémités par des angles sortants, à 60° d'ouverture, symétriques par rapport à la ligne, avec des traits de même grosseur ($0^{mm},50$) et de 5 millimètres de long. On se servira des mêmes témoins.

Enfin on prendra comme étalon une horizontale de 25 millimètres avec deux angles rentrants symétriques par rapport à la ligne, ayant la même ouverture de 60°, les traits ayant même grosseur et même longueur. Les témoins seront des lignes horizontales décroissant cette fois par demi-millimètre à partir de 25 millimètres.

On pourrait aussi, pour l'illusion de MÜLLER-LYER, faire comparer à une série d'horizontales terminées par des traits verticaux de 4 millimètres de haut un étalon portant aux extrémités des mêmes traits terminaux des perpendiculaires sortantes ou rentrantes de 3 millimètres de long.

Technique. — La position du sujet et des tests, les intervalles de présentation seront les mêmes

que pour la perception des grandeurs linéaires [1].

Mais la durée des présentations sera plus courte, l'illusion diminuant avec le temps d'observation ; on la fixera à une seconde [2]. En outre l'ordre de présentation sera différent : on ne cherche pas à quel moment en effet les deux lignes paraissent inégales mais au contraire à quel moment elles paraissent égales ; on procédera par oscillations (méthode des cas vrais et des cas faux) ; on présentera d'abord les deux lignes de même longueur ; l'étalon, suivant l'illusion, paraîtra plus grand ou plus petit ; on présentera alors avec l'étalon une ligne témoin de longueur double ou moitié qui paraîtra plus petite ou plus grande ; puis une ligne témoin n'ayant qu'un demi-millimètre de plus ou de moins que l'étalon ; puis une ligne témoin ayant 2 millimètres de moins que le double ou de plus que la moitié, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on rencontre le jugement d'égalité constamment pour une certaine valeur. On évite ainsi ce malaise du sujet qui hésite à déclarer toujours plus grande ou plus courte une ligne par rapport à l'autre..

B. — *Illusions dans la comparaison de grandeurs superficielles.*

Une surface paraît plus grande qu'une autre, pour-

1. Voir p. 217.

2. On peut refaire toutes ces expériences en employant le dispositif des temps de perception pour assurer une présentation très courte, de 1 centième de seconde, ce qui permet d'éliminer les mouvements des yeux ; les lignes seront alors 10 fois plus grandes et présentées à 5m,70 de distance.

tant égale, lorsqu'elle est rapprochée d'une surface plus petite, et réciproquement, par suite d'un phénomène de contraste.

Un carré strié horizontalement paraît un rectangle allongé, et, strié verticalement, un rectangle aplati.

Une surface plus claire paraît plus grande qu'une surface égale, mais plus sombre, par suite, suppose-t-on, d'un phénomène d'irradiation lumineuse sur la rétine, élargissant les contours.

On emploiera comme surfaces, pour la mesure de cette illusion, soit les cercles, soit les carrés, et la méthode sera celle qui a servi pour la perception comparative des étendues, modifiée en ce qui concerne les durées et les ordres de présentation comme pour l'étude des illusions précédentes.

On choisira comme étalon un cercle de 10 millimètres de diamètre concentrique à un cercle circonscrit de 60 millimètres de diamètre, et l'on aura, comme témoins de comparaison, une série de cercles de diamètre décroissant par demi-millimètre à partir de 10 millimètres.

Un autre étalon sera constitué par un cercle de même diamètre concentrique à un cercle inscrit de $2^{mm},5$ de diamètre, et les étalons iront en croissant par demi-millimètre à partir de 10 millimètres de diamètre.

On pourra prendre aussi des carrés de 10 millimètres de côté ayant même centre de symétrie qu'un carré enveloppant de 40 millimètres de côté ou enveloppé de $2^{mm},5$ de côté. Les étalons iront en croissant ou décroissant par demi-millimètre à partir de 10 millimètres de côté.

Pour l'illusion d'irradiation, on emploiera des surfaces noires et blanches à comparer à une surface grise ; on obtiendra pour la surface blanche l'éclairage requis de 50 lux comme pour les mesures d'acuité visuelle, la surface noire donnant un éclat à peu près nul, et la surface grise un éclat moitié de celui de la surface blanche.

On comparera un étalon noir ou blanc (cube de 10 millimètres de diamètre ou carré de 10 millimètres de côté) à des séries de témoins qui iront en décroissant par demi-millimètre à partir de 10 millimètres de diamètre ou de côté.

C. — *Illusion dans la comparaison de directions linéaires.*

Lorsqu'une ligne horizontale est coupée par des obliques fortement inclinées, elle paraît inclinée en sens inverses des obliques, descendre de gauche à droite quand les obliques montent de gauche à droite, monter de gauche à droite quand les obliques descendent en ce sens.

On compare généralement deux horizontales coupées par des obliques de sens inverse pour accentuer l'inclinaison apparente de chacune d'elles, leur convergence ou leur divergence apparente, mais on dissociera l'illusion, en comparant un étalon coupé d'obliques ascendantes ou descendantes, à une série de lignes nues, d'inclinaison progressive, croissant par 15 minutes, dans le sens ascendant.

Les lignes, dont la grosseur de trait sera de $0^{mm},50$, auront une longueur totale de 10 centimètres, et les

obliques, de 15 millimètres de long, seront inclinées à 30° (divisant les 180° de chaque côté de la ligne en deux angles de 30° et 150°), soit en montant de gauche à droite, soit en descendant dans le même sens.

On utilisera la même technique que pour les expériences précédentes.

8. — Illusion musculo-visuelle de soupèsement.

Lorsqu'on compare deux poids de volume différent, avec perception visuelle préalable de ces volumes, on surestime toujours le poids du plus petit volume.

Un kilogramme de plomb paraît toujours beaucoup plus lourd qu'un kilogramme de plumes, et la vue n'intervient jamais que pour vicier les appréciations musculaires du poids.

L'illusion est d'ailleurs extrêmement variable comme intensité suivant les sujets et peut faire complètement défaut chez les débiles.

La mesure de l'intensité de l'illusion s'effectuera en faisant comparer le poids de deux cubes de volume différent, l'un ayant un poids étalon, l'autre un poids variable.

On emploiera un cube de bois de 5 centimètres de côté muni d'un anneau de soupèsement ; son volume sera de 125 centimètres cubes. Son poids sera de 500 grammes (on l'obtiendra en y coulant du plomb).

Un autre cube, de bois, de 20 centimètres de côté,

muni également d'un anneau de soupèsement servira pour la comparaison ; son volume sera de 8 000 centimètres cubes soit 64 fois plus grand que le volume du petit cube.

Technique. — On fera soupeser 2 secondes au sujet l'étalon (le petit cube pesant 500 grammes), et, aussitôt après, le grand cube (taré avec des poids) et pesant 1 000 grammes.

Suivant la réponse, si le grand cube paraît encore plus léger, ou plus lourd, on recommencera les couples de comparaison, en faisant soupeser les deux au sujet (qui prend lui-même les poids, mais à qui on les enlève pour limiter la durée du soupèsement, durée qui doit être brève) ; seulement on augmentera ou on diminuera la surcharge du grand cube, jusqu'à ce qu'on arrive à l'égalité.

Les différences de surcharge se feront par 50 grammes, car il y a intérêt à ne faire effectuer la comparaison qu'un petit nombre de fois, l'illusion tendant nettement à décroître avec le nombre des soupèsements. La mesure se fera donc en dixièmes du poids étalon (variations de 50 grammes par rapport à 500 grammes), l'illusion pouvant assez souvent dépasser l'unité (le grand cube du poids de 1 000 grammes paraissant plus léger que le petit cube, du poids moitié moindre, de 500 grammes).

La mesure exacte de l'illusion ne sera donnée que si l'on rapporte l'erreur de comparaison des poids à la différence des volumes, l'erreur et la différence étant évaluées en dixièmes. La différence se trouve être ici entre les deux cubes de 630 dixièmes. La différence de poids x, évaluée en dixièmes, sera rap-

portée à cette différence de volume, et l'illusion sera de $\frac{x}{630}$. S'il faut doubler le poids pour obtenir l'égalité apparente, l'erreur sera de 10 dixièmes et l'illusion sera de $\frac{10}{630}$, ou un soixante-troisième.

CHAPITRE III

MESURE DES PERCEPTIONS LIÉES A DES SENSATIONS AUDITIVES ASSOCIÉES

Il n'existe guère qu'une perception complexe basée essentiellement sur les sensations fournies par l'ouïe qu'il nous soit permis de soumettre à une évaluation numérique, c'est l'orientation auditive.

1. — Orientation des sons perçus.

La direction d'une source sonore est approximativement déterminée d'après la perception du son lui-même. La détermination de cette direction s'obtient surtout, chez un grand nombre de mammifères, par des déplacements de l'ouverture du pavillon mobile de l'oreille, et la recherche de la perception la plus intense correspondant à une direction donnée du pavillon, perçue par le sens kinésique. Chez l'homme, en audition bi-auriculaire, il y a comparaison des perceptions fournies par les deux oreilles, et mouvements de la tête pour déterminer l'orientation de l'oreille correspondant à la perception maxima par une oreille donnée.

Mais, même avec audition uni-auriculaire, et même

avec immobilisation de la tête, sans que le pavillon de l'oreille soit mobile, il y a encore une perception, beaucoup plus grossière évidemment, de l'orientation auditive.

On ne connaît pas encore le mécanisme exact de cette perception, qui paraît s'effectuer, au seuil, par l'intermédiaire de petits mouvements réflexes céphaliques et oculaires provoqués par l'influence obscure qu'exercerait la direction des ondes sonores et, en outre peut-être, par les diverses réflexions des ondes sonores sur les cavités du pavillon de l'oreille, ce qui entraînerait des variations d'intensité.

On pourra donc faire la détermination de la finesse de cette perception de la direction des sons, pour l'audition bi-auriculaire ou mono-auriculaire, en laissant la tête libre, ou en l'immobilisant avec un appui-tête.

On se servira, pour la production des sons, de l'acousi-esthésimètre, qui sera placé sur un pied à roulettes avec plateau haussable.

Technique. — Le sujet sera assis, les yeux bandés, au milieu du tapis circulaire employé pour le schési-esthésimètre, portant 360 rayons donnant les divisions en degrés de la circonférence. La perpendiculaire au centre du tapis devra passer par le milieu de la ligne réunissant les tragus des oreilles, en cas d'audition bi-auriculaire, par le tragus de l'oreille explorée, en cas d'audition mono-auriculaire. Le centre de la plaque vibrante (où tombent les gouttes) sera haussé au niveau du plan horizontal passant par la pointe du tragus, et sera à 1 mètre du centre du tapis. On déterminera le seuil de la sensibilité à cette distance ; on

prendra une hauteur quintuple de ce seuil pour déterminer l'intensité du son qu'on produira. On placera l'appareil de telle sorte que le point central de la plaque fasse un certain angle au centre avec le diamètre comprenant la ligne interauriculaire, et l'on fera tomber une goutte d'eau sur la plaque.

On pourra alors déterminer la perception absolue de l'orientation en donnant au sujet une baguette qu'il devra tendre dans la direction supposée du son. On mesurera l'angle entre cette direction indiquée et la direction réelle, fournissant l'erreur de perception. Pour déterminer la perception différentielle, après avoir fait entendre le son dans la direction étalon, on déplacera le pied d'un angle très petit, et l'on fera retomber une goutte sur la plaque dans la nouvelle direction en ne laissant pas plus de 10 secondes d'intervalle entre les deux sons. Puis, après une minute d'intervalle, on recommencera un couple de comparaison, avec d'abord la direction étalon, et ensuite une direction en différant d'un angle progressivement croissant, dans un sens ou dans l'autre, jusqu'à ce que les réponses constamment exactes du sujet mettent en évidence la perception de la différence des positions ; l'angle donnera alors la mesure du seuil différentiel. Comme contrôle, on fera entendre fréquemment les deux sons du couple, l'appareil restant dans la même position.

CHAPITRE IV

MESURE DES PERCEPTIONS LIÉES A DIVERSES SENSATIONS ASSOCIÉES

Nous sommes renseignés par des sensations vagues sur l'état de nos organes, sensations qui n'apparaissent généralement qu'avec un caractère pénible, lorsque le fonctionnement organique s'effectue moins bien, pour une raison quelconque ; cependant des sensations agréables non localisées peuvent être provoquées par certains excitants, par une circulation céphalique active avec abondance d'oxygène, etc. Tout cet ensemble constitue ce qu'on appelle souvent, d'un mot qui a malheureusement d'autres sens, la cœnesthésie, cœnesthésie somatique en général, et cœnesthésie cérébrale en particulier, l'état du cerveau jouant un grand rôle dans cet ensemble, d'après les phénomènes d'irrigation et d'hématose, l'action de diverses substances toxiques, etc.

En outre, c'est par l'intermédiaire de cette sensibilité générale que nous percevons, plus ou moins bien, les variations de la pression atmosphérique, de la teneur hygrométrique de l'air, de la tension électrique du milieu, etc., perceptions qui ne paraissent pas spécifiques et différenciées chez l'homme, bien qu'elles le soient chez certaines espèces animales.

Malheureusement une étude objective des conditions susceptibles d'agir sur la cœnesthésie n'est guère possible à l'heure actuelle. A la rigueur on peut, dans une chambre close barométrique, telle que celle qui servit aux expériences célèbres de Paul Bert, rechercher la sensibilité globale à des variations du taux d'humidité, à des variations de la pression, ou même à des variations électriques, mais toutes variations paraissant bien n'agir qu'en tant qu'elles affectent les échanges respiratoires, pulmonaires et cutanés, les phénomènes circulatoires, etc.

Nous laisserons donc de côté ce complexus sensoriel, et nous étudierons seulement deux phénomènes complexes qui se rapportent dans une certaine mesure à la cœnesthésie, qui, en tout cas, peuvent coexister avec des excitations sensorielles de nature à peu près quelconque, et qui impliquent des facteurs encore bien obscurs : c'est ce qu'on appelle le « sens du temps » et le « sens du rythme ».

1. — Sens du temps.

Nous apprécions dans une certaine mesure les durées, c'est-à-dire que nous possédons un pouvoir de perception différentielle des durées inégales.

L'appréciation absolue, évaluée en unités de temps, implique la mémoire de durées évaluées et comparées à la durée nouvelle, comme l'appréciation absolue des poids est fondée sur la mémoire de soupèsements de poids tarés.

L'étude de la perception des durées impliquera donc la comparaison de deux espaces de temps immédiatement successifs, et s'exprimera par un seuil différentiel évalué d'après le rapport de la différence minima perçue à la durée totale de l'étalon de temps.

Les durées à comparer devront être limitées sensoriellement, soit qu'une excitation au début et une autre à la fin laissent sensoriellement vide l'intervalle qu'elles déterminent, soit qu'on fasse durer une excitation pendant le temps étalon, le commencement et la fin de l'excitation marquant du même coup le commencement et la fin de la période à apprécier par comparaison.

Divers dispositifs ont été employés pour déterminer ainsi des durées précises qu'on puisse faire varier à son gré. Nous conseillerons le suivant :

Un contact à mercure est constitué par une pointe plongeant dans un godet, courbée à angle droit, mobile autour d'un axe et terminé par une petite lamelle fixée aussi à angle droit et parallèle à la pointe plongeant dans le godet ; un objet rencontrant la lamelle dans un déplacement de gauche à droite fait basculer dès lors le système juste équilibré et sortir la pointe du godet, rompant ainsi le contact, et interrompant si besoin est un circuit électrique.

L'appareil pourra dès lors être monté, au sommet du cadran, sur une horloge, un chronographe, un appareil quelconque pour la mesure du temps, et l'aiguille de l'appareil en passant au sommet du cadran basculera l'aiguille si elle est plongée dans le godet et pourra interrompre à un moment précis un circuit électrique (voir la figure 5 dans le tome II). Ce circuit

pourra produire une excitation lumineuse en traversant un tube de Geissler, suivant le modèle de Plücker, ou auditive en faisant fonctionner une sonnerie. Il suffira de fermer le circuit à un moment donné pour qu'automatiquement il soit rompu par l'aiguille après l'intervalle que l'on voudra.

Avec une pendule ordinaire où la durée étalon sera de l'ordre de quelques minutes, le début de la fermeture du circuit pourra s'effectuer à la main avec



Fig. 48. — Tube de Plücker.

un commutateur. Pour les durées très courtes il est nécessaire d'apporter plus de précision.

En employant un chronoscope à mise en marche électrique comme celui de d'Arsonval ou de Hipp, on pourra, avec une clef de Morse à double contact, faire partir l'aiguille en même temps qu'on établira le circuit excitateur ; et, en réglant la position de départ de l'aiguille, on aura, avec des tubes de Plücker, des excitations qui seront au besoin de l'ordre de quelques millièmes de seconde.

Un dispositif de Bourdon est particulièrement commode : on peut mettre en rapport un cylindre métallique avec un pôle du circuit électrique et une plume métallique appuyant sur le cylindre avec l'autre pôle. Si le cylindre est recouvert de papier, le

courant ne passe pas ; il suffit alors de découper le papier sur une plus ou moins grande surface pour réaliser des excitations ayant une certaine valeur proportionnelle par rapport à la durée totale de rotation du cylindre, durée que l'on peut aussi faire varier.

Pour étudier le sens du temps, on pourra choisir des durées étalons très courtes, qui sont surestimées en général, de quelques centièmes de secondes, des durées moyennes, de 60 centièmes, qui sont les plus exactement appréciées ; et enfin des durées relativement longues, jusqu'à 3 secondes environ, celles-ci étant sous-estimées.

On peut encore utiliser des durées plus longues, de quelques minutes, mais alors on dépasse les durées perceptibles synthétiquement en quelque sorte. En outre, les variations de l'état mental au cours de la durée à comparer devenant de plus en plus importantes au fur et à mesure de l'allongement de cette durée, c'est surtout pour les durées les plus courtes que les résultats seront les plus précis et les plus comparables.

On les réalisera avec un chronoscope électrique. Parmi les excitants possibles, les sons et les lumières sont préférables. On peut aussi employer un excitant tactile défini au moyen d'un électropercuteur que nous décrirons plus loin, avec une petite modification de l'interrupteur à bascule, qui, au passage de l'aiguille, basculera en sens inverse pour rétablir le contact, le passage du courant relevant la masse excitatrice et faisant cesser l'excitation, à l'inverse du mécanisme de l'excitation visuelle par les tubes de Geissler ou auditive par les sonneries électriques.

Technique. — Le sujet est placé à une distance déterminée (50 centimètres par exemple) de la sonnerie, ou, dans l'obscurité, en face du tube de PLÜCKER à 50 centimètres de distance, l'intensité de l'excitant étant réglée pour l'ampérage du courant débité : on peut adopter 2 bougies pour l'intensité lumineuse et une étincelle verte ; quant au son, on prendra une cloche de son pur donnant une note dans les environs du *la*², et l'intensité pourra être telle que le son soit encore perçu à une distance d'environ 150 mètres.

Le contact à mercure étant monté sur le chronoscope, et le circuit établi avec l'appareil excitateur et une clef de MORSE, permettant de réaliser simultanément l'ouverture du circuit du chronoscope, ce qui fait partir l'aiguille de ce dernier, et la fermeture du circuit excitateur quand, comme avec l'appareil d'ARSONVAL, ce départ ne s'obtient que par suppression de courant, ou bien permettant de faire partir l'aiguille en fermant aussi le circuit du chronoscope, quand, comme avec l'appareil de HIPP, le départ peut être provoqué par un établissement de courant.

On déplace à la main l'aiguille pour la placer devant une division, séparée par un certain nombre d'autres (indiquant des centièmes ou des millièmes de secondes) de la division O, devant laquelle se trouvera la petite lame destinée à être basculée au passage de l'aiguille.

Il suffira alors d'appuyer sur la clef de MORSE pour que l'excitation se produise et cesse automatiquement au bout du temps requis.

On prendra une ou plusieurs durées étalons, par

exemple 150, 600 et 2 400 σ (millièmes de seconde).

On préviendra le sujet et l'on provoquera une excitation de la durée étalon, puis, aussitôt après, rétablissant à la main le contact à mercure en basculant en sens inverse le système sur son axe et plaçant l'aiguille à une nouvelle distance préalablement réglée, on provoquera l'excitation de la durée à comparer à la première, durée qui sera progressivement allongée ou diminuée, jusqu'à ce que le sujet reconnaisse constamment la différence de durée pour une certaine valeur de cette différence, au cours des couples de comparaison, qui se suivront à une minute d'intervalle. Le seuil différentiel s'obtiendra en rapportant à la durée étalon la valeur de la différence.

On n'oubliera pas de réaliser fréquemment l'expérience de contrôle consistant à provoquer deux fois de suite, dans le couple de comparaison, des excitations de la même durée étalon.

2. — Sens du rythme.

Le sens du rythme apparaît à certains points de vue comme une simple variété du sens du temps : il implique en effet la perception de durées relatives dans un certain ordre, avec une persistance des excitations évanouies permettant l'appréciation comparative de leurs durées par rapport à de nouvelles, et, en outre, une accentuation de certains temps, servant de repères à intervalles réguliers et rendant plus nette cette régularité, au milieu des variations de détail des intervalles particuliers. Cette accentuation est

subjectivement donnée lorsqu'elle n'appartient pas aux excitations extérieures.

On cherchera donc à étudier cette perception, basée sur l'appréciation comparative de plusieurs durées successives, en tâchant de réduire le plus possible la part de la perception absolue de chaque durée composante : si, après une noire, une croche est remplacée par une double croche, l'excitation correspondante peut paraître plus courte, ainsi que la durée totale de la mesure, sans qu'intervienne proprement un sens du rythme.

Pour étudier ce dernier, il faudra donc éviter de changer la durée totale de la mesure par rapport aux durées des éléments composants, et par conséquent de modifier la durée d'un temps sans modifier corrélativement celle d'un autre. En revanche il sera préférable de changer la durée absolue des temps et de la mesure, et de garder seulement les rapports temporels en doublant par exemple toutes les durées.

Au point de vue pratique, on obtiendra des excitations de durée parfaitement exacte au moyen du procédé suivant, basé encore sur l'emploi des tubes de Geissler, des sonneries électriques ou de l'électropercuteur comme dans l'expérience précédente : sur le circuit excitateur sera intercalé un interrupteur réalisé par un ressort venant porter par une surface de platine sur un autre pôle de platine de manière à assurer un contact électrique, mais normalement maintenu écarté de 1 millimètre par un disque. Tout cran à plans inclinés dans le disque, laissant retomber le ressort, permet la fermeture du circuit par rétablissement du contact et sa rupture aussitôt après. Si

l'on peut faire tourner le disque avec une vitesse donnée, on pourra par là même, en disposant des crans de la grandeur voulue dans ce disque[1], assurer des contacts et par conséquent des excitations de la durée qu'on voudra. Pour réaliser la vitesse désirée du disque, on emploiera le système que nous avons décrit et qui est utilisé par un très grand nombre d'expériences sur la vision[2].

En disposant de deux disques tournants conjugués, l'un servant d'étalon et l'autre de témoin de comparaison, on pourra faire comparer des excitations suivant deux rythmes voisins, à très court intervalle.

Voici comment l'on pourra procéder.

Si l'on adopte un rythme à six temps avec une noire pour le 1er temps, une blanche pour le 2e et le 3e, une croche et deux doubles croches pour le 4e, une croche pointée et une double croche pour le 5e et une noire pour le 6e, on fera tourner le disque en 7 secondes et un cinquième.

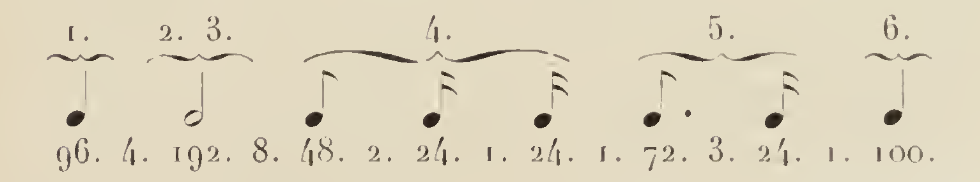
En divisant la circonférence du disque en 720 par-

1. La grandeur du cran sera mesurée entre les points où la pente de l'encoche atteindra la profondeur correspondant à l'établissement du contact par abaissement du ressort.

2. Voir page 158. On arriverait à des résultats identiques au moyen du cylindre, suivant le procédé employé par Bourdon pour la mesure du temps : on découperait des lames parallèles dans le papier recouvrant un cylindre de Marey, une plume métallique appuyant sur le cylindre et fermant un circuit pendant la durée du passage de la surface métallique du cylindre découverte par la fenêtre du papier ; en faisant se succéder ces fenêtres aux intervalles voulus et en leur donnant les dimensions voulues, pour une vitesse de rotation donnée du cylindre, on peut réaliser à son gré des excitations rythmiques.

ties, chaque division d'un demi-degré correspondra à un centième de seconde[1].

On fera alors dans le disque de carton ou d'ébonite de grand diamètre que l'on emploiera, des encoches à plans déclives, entre les points ayant une profondeur de 1 millimètre si le contact est assuré par un abaissement du ressort de cette grandeur, correspondant au nombre suivant de divisions : 96 pour la première noire, puis, après un sommet de 4 divisions, 192 pour la blanche ; de nouveau une interruption de 8 divisions ; puis une encoche de 4-8 divisions pour la croche, interruption de 2 divisions ; encoche de 24 divisions et interruption de 1 division, nouvelle encoche de 24 et interruption de 1, pour les doubles croches ; encoche de 72 divisions, interruption de 3, encoche de 24 et interruption de 1 pour la croche pointée et la double croche du cinquième temps ; et enfin encoche de 100 divisions pour la noire terminale, puis interruption de 120 divisions, terminant la circonférence du disque. On peut inscrire ainsi la mesure en 6 temps, avec au-dessous, les valeurs en centièmes de seconde :



Une série de disques de comparaison sera établie

1. En changeant la durée de rotation, on obtiendra les mêmes résultats en changeant les divisions du cercle du disque ; mais ces chiffres permettent d'utiliser un rapporteur en prenant le demi-degré, c'est-à-dire 30'.

en faisant varier les durées respectives de la première croche du quatrième temps et de la blanche des deux temps précédents sans changer leur intervalle ; la croche aura successivement des durées de 49, 50, 51, 52, 53, etc. centièmes de seconde, ou de 47, 46, 45, 44, etc., pendant que la blanche, corrélativement, aura des durées moindres, de 191, 190, 189, 188, 187, etc. centièmes de seconde, ou des durées supérieures, de 193, 194, 195, 196, etc.

Il suffira de changer la grandeur des encoches correspondantes.

Pour éliminer plus complètement l'appréciation absolue des durées, on fera tourner le deuxième disque, de comparaison, plus lentement ou plus vite, par exemple à une vitesse double ou moitié ; on aura alors des durées absolues modifiées, mais les mêmes durées relatives, c'est-à-dire le même rythme, plus vif ou plus lent.

Technique. — Le sujet est disposé comme pour l'étude du sens du temps. On dispose le disque étalon, et on le met en marche, le contact avec ressort interrupteur fonctionnant bien : Le circuit de la pile et de l'appareil excitateur comprend, outre ce contact, une clef de Morse. On ferme alors le circuit avec la clef au moment où le ressort repose sur la longue partie interruptrice du disque (au cours des 7 cinquièmes de seconde où il y repose). Les excitations se produisent alors au passage des crans du disque et constituent une mesure terminée au bout de 6 secondes. On interrompt alors le circuit avec la clef pendant que, à nouveau, le ressort repose sur la longue partie interruptrice du disque.

On met en marche aussitôt après le disque de comparaison à vitesse moitié moindre, en procédant de même façon, l'intervalle entre la fin d'une mesure et le début de l'autre n'excédant pas une dizaine de secondes.

L'on demande au sujet s'il reconnaît une différence dans le rythme (détermination du seuil de sensation) et s'il peut dire en quoi consiste et à quel temps se présente cette différence (détermination du seuil de perception), les seuils étant atteints quand pour une différence donnée les réponses du sujet sont constamment exactes. Un disque semblable au disque étalon dans la série de comparaison est utilisé pour le contrôle, les mesures successives du couple de présentation ayant alors le même rythme étalon.

On peut faire des expériences avec d'autres rythmes, bien entendu, par la même méthode. La mesure des seuils s'exprimera en rapportant la différence relative de durée des deux éléments de la mesure à leur durée totale : S'il faut, par exemple, ajouter 5 centièmes de seconde à la croche (et les retirer par conséquent à la blanche) pour qu'une différence de rythme soit perçue, on rapportera cette différence totale de 10 centièmes d'avec les durées du rythme étalon à la durée totale de la blanche et de la croche en y comprenant leur intervalle, soit 248 centièmes. A vitesse moitié moindre, la différence de 5/124 a, naturellement, la même valeur fractionnaire.

CHAPITRE V

MESURE DE L'ATTENTION SENSORIELLE

L'intensité des phénomènes sensoriels provoqués par une excitation d'une certaine valeur n'est constante que si les conditions psychophysiologiques de la réception par l'organisme sont elles-mêmes sensiblement constantes ; mais, si ces conditions varient, l'intensité variera, et pourra par exemple diminuer au point même de s'annuler. On synthétise sous le nom d' « attention » les conditions propres à augmenter au maximum l'intensité des phénomènes sensoriels provoqués par une excitation donnée ; et l'on a affaire là à un complexus dont tous les éléments sont loin d'être parfaitement définis ; on note, comme éléments principaux, une accommodation sensorielle convenable pour le stimulus en jeu, une augmentation du tonus musculaire favorisant les réactions possibles au stimulus, et enfin une certaine adaptation cérébrale ; en outre de ces facteurs positifs, il y en a d'autres d'un caractère plutôt négatif et consistant dans la suppression des conditions favorisantes pour tous les autres stimuli sensoriels, de l'accommodation en particulier, et dans l'inhibition des divers courants associatifs de la pensée, sans rapport étroit avec la perception du stimulus.

Le résultat, c'est, nous l'avons dit, le renforcement sensoriel, qui implique une augmentation d'intensité des processus de réception, et aussi une augmentation de rapidité de ces processus, deux termes qui peuvent être chacun objet d'étude.

Au point de vue de l'augmentation d'intensité, elle peut se constater par l'abaissement du seuil pour toutes espèces de sensations, et d'autre part par un accroissement de précision dans les perceptions, susceptible de se noter par exemple par la diminution du nombre des omissions et des erreurs dans le champ de la perception.

Ces diverses conséquences de l'attention conduisent à des expériences correspondantes pour l'évaluation du renforcement provoqué.

Mais il faut noter que ce renforcement peut être lui-même un effet direct des stimuli extérieurs, provoquant ce que l'on peut appeler l'attention réflexe, ou bien il peut n'être qu'un effet très indirect des excitations, et exiger comme intermédiaires des phénomènes associatifs complexes, qui engendrent ce que l'on peut appeler l'attention volontaire, ou l'attention automatique, suivant les cas.

Il est donc possible de comparer ces deux sortes de renforcements; mais, si la mesure de l'attention est un des problèmes les plus délicats de la psychométrie à cause de la complexité du phénomène, dès qu'on fait plus spécialement appel à la « volonté » ce facteur qui intervient presque toujours, mais qui peut intervenir de tant de manières différentes, on se heurte à bien des difficultés. Nous reviendrons d'ailleurs spécialement sur cette question de l'interven-

tion du sujet, collaborateur des expériences, et sur l'appréciation globale de son individualité. C'est à ce propos que nous aurons à distinguer ce qui relève de l'action proprement personnelle, de la conduction volontaire, et de l'automatisme [1].

Mais nous pouvons signaler ici une expérience qui permet d'apprécier numériquement les effets d'une attention directement provoquée par un stimulus et de l'effort d'attention demandé à la collaboration volontaire du sujet, avant d'exposer les expériences sur la valeur des divers effets du renforcement volontaire.

1. — Différenciation des renforcements spontané et volontaire.

La comparaison se fera d'après l'accélération des perceptions.

Le sujet se trouvera dans la chambre noire, et, à une distance de $5^{m},70$ seront placées au mur diverses formes ou des lettres, chiffres, syllabes, etc., disposés comme pour la mesure de la rapidité de perception. Seulement on emploiera le dispositif fondé sur un éclairage de très courte durée, par exemple une étincelle électrique durant deux centièmes de seconde.

Dans une première série d'expériences, on déterminera l'étendue de la perception lorsque le sujet,

1. Voir 5e partie, chap. I, t. II, p. 167. On trouvera là des mesures de l'attention, du point de vue surtout du maniement de l'attention par l'individu.

placé en face du test, le voit s'illuminer brusquement sans être prévenu.

Dans une seconde série, les déterminations seront refaites en provoquant brusquement, 2 centièmes de seconde avant l'illumination (durant elle-même 2 centièmes de seconde)[1], une étincelle dans un tube de Plücker placé derrière une surface opaque percée d'une ouverture circulaire de 1 centimètre de diamètre, et située au milieu des tests de perception. Le sujet n'est pas averti du rôle du signal, mais cette lumière subite attire immédiatement son attention sur la région où les tests apparaissent aussitôt.

Enfin, dans une troisième série, on avertit le sujet qu'avant d'éclairer les tests il sera prévenu par un signal consistant à lui dire : « Attention ». On donne le signal, et, moins d'une seconde après la fin du mot prononcé, on procède à l'éclairage presque instantané employé constamment dans ces mesures.

En utilisant des syllabes, on peut déterminer le nombre maximum perçu dans les trois cas, surprise, attention réflexe, attention volontaire.

2. — Renforcement de l'intensité sensorielle.

A. — *Abaissement des seuils.*

Dans toutes nos expériences sensorielles, les méthodes de mesure préconisées impliquent la partici-

1. En employant des durées très courtes, un effort d'attention volontaire du sujet n'a pas le temps de se produire.

pation d'un effort d'attention volontaire, de manière à obtenir les seuils les plus bas possibles. Pour évaluer l'abaissement des seuils dû à l'attention, il faut donc tâcher d'effectuer cette mesure des seuils sans participation de l'attention. Malheureusement l'attention n'est pas une faculté susceptible d'intervenir complètement ou de ne pas intervenir du tout ; c'est un état complexe, inévitable, mais susceptible de présenter tous les degrés. Il faudrait le réduire dès lors à une certaine valeur bien définie, et c'est ce qui est à peu près impossible. Pratiquement on s'approchera de cet idéal en obligeant le sujet à un certain effort d'attention relatif à une excitation sensorielle donnée, et en pratiquant la mesure du seuil pour une autre excitation sensorielle vis-à-vis de laquelle il est nécessairement moins attentif, vis-à-vis de laquelle il est, dit-on, en état de distraction.

On fera par exemple compter les battements d'un métronome donnant le tiers de seconde [1], et, le sujet ayant les yeux bandés, on déterminera le seuil de la sensibilité à la pression avec la même technique que celle que nous avons indiquée pour cette mesure, à cela près que l'on ne préviendra pas le sujet du moment où l'on exercera la pression, et que le sujet devra indiquer qu'il a senti une pression en frappant un coup avec la main gauche ou avec le pied.

Si l'on veut mesurer une perception complexe,

1. On peut, s'il est nécessaire, en outre de la numération mentale des battements du métronome, obliger le sujet à procéder à haute voix à un calcul mental très simple, tel que l'addition continue des mêmes chiffres : 5 + 5 = 10 + 5 = 15 + 5 = 20, etc., etc.

plus atteinte encore qu'une perception simple par la distraction, on déterminera le seuil de l'écartement de deux pointes susceptibles de donner une sensation double, le sujet indiquant la sensation unique de contact ou le dédoublement en frappant un coup ou deux coups. La méthode de Michotte[1] avec glissement d'un des contacts, a donné à cet auteur d'excellents résultats pour cette mesure.

B. — *Précision des perceptions.*

Une série de perceptions analogues tendent à être de moins en moins exactement perçues ; il faut, l'attention spontanée n'intervenant plus, que l'attention volontaire maintienne l'intensité des phénomènes sensoriels pour que les perceptions continuent à s'effectuer correctement.

On pourra donc comparer divers individus sous le rapport de l'attention volontaire, en examinant comment se comporte, pendant un certain laps de temps, la précision de perceptions monotones.

On a souvent conseillé de faire barrer dans une page d'imprimerie certaines lettres de l'alphabet. Mais cette méthode implique des différences individuelles provenant de la plus ou moins grande influence exercée par le sens des mots, dont les correcteurs d'épreuves arrivent à s'abstraire machinalement, ce qui est impossible généralement au premier venu.

Nous avions pensé alors à établir un tableau de let-

1. Voir p. 197

tres individuellement séparées, et où, progrès considérable, on pourrait placer un nombre déterminé, et dans un ordre déterminé, de signes à noter. Mais l'habitude de corriger des épreuves ou de lire est encore une trop grande cause de différenciation individuelle.

Nous avons donc jugé indispensable de substituer aux lettres un système de signes simples, aussi nouveau pour telle ou telle personne que pour telle ou telle autre.

1° Nous avons établi un tableau de 1 600 de ces signes (40 signes au carré), qui sont de 8 sortes, tous composés d'un carré et d'un trait de la longueur du carré[1], soit de 1^{mm},5. Deux signes sont écartés de 3^{mm},25.

Sur chaque ligne horizontale, il y a 40 signes, 5 de chaque sorte ; il y a donc dans le tableau 40 fois 5, c'est-à-dire 200 signes de chaque sorte ; chaque ligne ayant une longueur de 20 centimètres.

Ces signes, dont la barre se dirige dans 8 directions correspondant aux directions élémentaires d'une rose des vents, peuvent être désignés par là même par les indications sud, sud-est, etc. Cependant, comme on choisit quatre de ces signes à utiliser pour les épreuves de l'attention, on les désigne pour plus de commodité par une lettre de l'alphabet. Nous appelons *a* le signe dont la barre occupe la direction sud, *b* celui de direction ouest, *c* celui de direction nord-est, et *d* celui de direction sud-ouest.

Nous les avons placés dans un ordre tel que, tout

1. Voir les tests, p. 294-295.

en se répétant assez souvent, il ne puisse apparaître dans le tableau.

Voici la clef de cet ordre, les places des signes étant numérotées de 5 à 40 et les lignes de 1 à 10, en quatre sections, I, II, III, IV[1].

SECTION I ET III

Lignes	Places : 3, 10, 25, 31, 38	Places : 1, 7, 13, 28, 33	Places : 5, 16, 20, 23, 36	Places : 11, 19, 21, 35, 40
1	*a*	*b*	*c*	*d*
2	*b*	*c*	*d*	*a*
3	*c*	*d*	*a*	*b*
4	*d*	*a*	*b*	*c*
5	*a*	*b*	*c*	*d*
	4, 9, 18, 27, 34	2, 8, 12, 15, 30	6, 17, 22, 26, 32	14, 24, 29, 37, 39
6	*a*	*b*	*c*	*d*
7	*b*	*c*	*d*	*a*
8	*c*	*d*	*a*	*b*
9	*d*	*a*	*b*	*c*
10	*a*	*b*	*c*	*d*

SECTION II ET IV

Lignes	Places : 2, 12, 20, 29, 40	Places : 4, 7, 22, 35, 39	Places : 3, 16, 26, 32, 36	Places : 6, 11, 15, 28, 30
1	*a*	*b*	*c*	*d*
2	*b*	*c*	*d*	*a*
3	*c*	*d*	*a*	*b*
4	*d*	*a*	*b*	*c*
5	*a*	*b*	*c*	*d*
	5, 9, 24, 31, 37	8, 13, 19, 25, 33	10, 18, 23, 27, 38	1, 14, 17, 21, 34
6	*a*	*b*	*c*	*d*
7	*b*	*c*	*d*	*a*
8	*c*	*d*	*a*	*b*
9	*d*	*a*	*b*	*c*
10	*a*	*b*	*c*	*d*

1. Ce tableau signifie qu'à la première ligne de la section I et à la vingt et unième, c'est-à-dire à la première de la section III,

Les quatre autre signes sont placés à raison de 5 par ligne, au hasard.

On pourra donner à barrer, au sujet, sur un tableau, deux ou trois des signes, *a*, *b*, et *c* par exemple.

Si on laisse le sujet libre, il sera tenté de revenir de temps à autre en arrière pour corriger des erreurs ; on devra donc le surveiller pour empêcher ces retours. Mais on constatera une vitesse très inégale dans la lecture des lignes du tableau, vitesse dont on devra tenir compte. Si l'on veut obliger tous les sujets à faire un effort de perception à vitesse constante, on devra, soit à la main en se guidant sur les battements d'un métronome, soit au moyen d'un dispositif mécanique, découvrir progressivement les signes du test, sur chaque ligne, en n'en laissant visible que cinq à la fois. Etant donné que la vitesse moyenne des sujets varie de 8 à 10 minutes, on pourrait adopter 10 minutes, soit 15 secondes par ligne.

La proportion du nombre des signes notés au nombre total des signes à noter (200, 400, 600 ou 800) fournit un indice de la précision des perceptions obtenues par un effort continu d'attention. On notera en outre le nombre de signes barrés à tort. Pour unifier la mesure on ajoutera aux signes omis les signes barrés à tort, et l'on rapportera le nombre de ces erreurs

le signe *a* occupe les cinq places énumérées au-dessus (3, 10, 25, 31, 38) ; à la deuxième ligne de la section I et à la vingt-deuxième, c'est-à-dire à la deuxième de la section III, c'est le signe *b* qui occupe ces cinq places, c'est-à-dire les places de *a*, pendant que *c* occupe les places de *b*, *d* de *c* et *e* de *a*. A la troisième ligne c'est le tour de *c* de venir occuper les places précédemment occupées par *b* et *a*, le roulement continuant, et ainsi de suite.

au nombre de signes à noter. On obtient, par cette méthode, un moyen de différencier très nettement les individus pour cet effort persistant et soutenu.

La méthode la meilleure, bien que plus compliquée, consistera dans un défilé assez rapide du test, mais non par ligne, afin que le sujet ait à regarder un espace assez vaste à la fois : on découpera les tests en bandes horizontales de 5 lignes, et on les fixera sur un cylindre enregistreur (avec vitesses variables et régulateur de Blix, si possible) le long de la circonférence. Devant le cylindre, un écran percé d'une fenêtre ne laissera voir que 3 lignes en hauteur, les 5 lignes étant vues dans leur largeur — Le cylindre sera mis en rotation avec une vitesse telle qu'un centimètre de circonférence soit parcouru en une seconde et demie, soit 40 centimètres (ou 80 lignes du test) à la minute : le sujet devra barrer au passage, un deux, ou trois signes, signes passant en 3 secondes. — Les 40 lignes (200 signes) auront fini de défiler en 30 secondes, et le sujet en aura eu à barrer 25, 50 ou 75 dans ce temps. Dans les conditions normales, on donnera 2 signes à barrer, ce qui constitue un optimum de différenciation individuelle.

En outre, on pourrait, bien entendu, faire varier les vitesses de rotation.

Cette méthode de mesure de la puissance d'attention nous paraît être la meilleure ; elle est voisine de celle récemment proposée par Mac Dougall, pour laquelle Rivers a fait construire un appareil spécial, et qui a été utilisée par Burt en Angleterre et Geissler en Amérique, et consistant à faire défiler sur une

bande, à des places variables, des cercles colorés (l'emploi des couleurs étant toujours mauvais) que le sujet doit pointer au passage, et qu'on peut mélanger à d'autres cercles diversement colorés ou à d'autres figures géométriques. Une des méthodes de mesure (Burt) consiste à chercher la vitesse maxima du défilé compatible avec un pointage totalement exact. Plus simple est la notation des omissions. En outre Burt tenait compte de la précision du mouvement de pointage, ce qui est dangereux.

C. — *Oscillations de l'attention sensorielle.*

Il est bien connu que, lorsqu'on entend à la limite perceptible le tic-tac d'une montre, il y a des moments où le bruit cesse d'être perçu, puis reprend à nouveau.

Pour étudier exactement la durée de ces oscillations de l'attention purement sensorielle, on placera le sujet à un mètre de la plaque vibrante de l'acousiesthésimètre, et on déterminera la hauteur de chute qui correspond au seuil perceptible à cette distance. On demandera alors au sujet de marquer d'un signe la chute de chaque goutte, et on provoquera cette chute suivant un rythme irrégulier en ouvrant plus ou moins le robinet et en recueillant des gouttes sur une éponge. On notera les intervalles de temps pendant lesquels le sujet cesse de marquer exactement le rythme de chute.

Pour plus de précision, on pourrait inscrire sur le cylindre tournant, au moyen d'un signal électrique,

les signes du sujet frappant sur une clef de Morse ; avec un autre signal, on marquerait vis-à-vis les chutes effectives des gouttes sur la plaque, en appuyant soi-même chaque fois sur une clef de Morse : on noterait sur le cylindre la durée des périodes, pendant lesquelles le sujet aurait exactement signalé les chutes de gouttes, et celles des périodes où il n'y aurait pas eu de signalement exact.

3. — Accélération des phénomènes provoqués par l'excitation.

A. — *Diminution du temps de perception.*

Nous ne revenons pas sur cette mesure, qui s'obtient par la méthode que nous avons indiquée plus haut pour la différenciation de l'attention spontanée et de l'attention volontaire.

B. — *Diminution du temps d'élaboration de la réaction.*

Cette mesure est basée sur la détermination, dans certaines conditions, de l'intervalle de temps qui sépare une excitation sensorielle de l'exécution d'un acte défini en rapport avec cette excitation. Cet intervalle s'appelle le temps de réaction, et nous aurons ultérieurement à l'étudier en tant qu'il fournit des données sur l'exécution des actes, l'accomplissement des réactions, c'est-à-dire sur l'objectivation motrice. Mais il faut bien se rappeler que cet intervalle est

complexe et implique toute une série de durées correspondant à des phénomènes différents.

Le point de départ de l'intervalle est fixé au moment où une excitation, lumière, son, etc., est produite.

Cette excitation met un certain temps à atteindre l'organe sensoriel récepteur ; là elle provoque un influx centripète, et, par suite de l'inertie des appareils, il y a nécessairement un temps perdu ; l'influx se propage ensuite avec une vitesse, qui est à peu près connue, jusqu'aux centres supérieurs, mais avec divers relais retardateurs. Ensuite il se produit des connexions avec les centres moteurs, dans une période très obscure au point de vue physiologique, et qui correspond à l'élaboration de la réaction. Un influx centrifuge se dirige alors vers les centres moteurs médullaires d'où part l'influx moteur qui met en jeu les muscles participant à l'acte terminal. A la durée de la transmission doit s'ajouter un temps perdu impliqué par l'inertie musculaire, et un certain temps de la contraction jusqu'à ce que celle-ci atteigne un degré donné marquant le point terminal de l'intervalle.

L'attention, agissant sur l'accommodation sensorielle et sur le tonus musculaire, réduit très probablement les temps de réception et de contraction. Mais les durées diminuées sont surtout celles qui concernent la perception et l'élaboration motrice. On mesure seulement, par cette méthode, l'effet global. L'attention s'appréciera donc par la diminution de ce temps global mesuré dans deux circonstances opposées, l'une d'elles entraînant un maximum d'attention volontaire.

En ce qui concerne l'appareillage et la technique, on trouvera plus loin toutes les données nécessaires[1]. Nous allons seulement indiquer quelles expériences nous paraissent les plus propres à obtenir le résultat cherché.

I. *Temps de réaction simple.* — Le sujet devra réagir à une excitation sensorielle donnée, lumineuse par exemple ; on répétera les excitations à intervalles réguliers, de 10 secondes, et chaque fois, on préviendra le sujet, la seconde avant, par un signal pour qu'il donne toute son attention à la réaction : on pourra par exemple crier : « Gare ».

Une série de 25 réactions sera prise, les temps mesurés, et l'on établira la moyenne des 20 dernières[2].

La même série d'excitations sera ensuite effectuée, mais sans signal d'avertissement, à intervalles irréguliers, et en détournant l'attention du sujet comme dans les expériences sur l'abaissement des seuils : on lui fera compter par exemple les battements d'un métronome donnant 3 coups à la seconde.

Le rythme irrégulier que l'on adoptera devra être le même pour tous les sujets, et pourra par exemple être de cette forme en comptant en secondes les intervalles :

15 — 10 — 10 — 5 — 10 — 15 — 5 — 5 — 10 — 15 — 15 — 10 etc.

II. *Types de réaction.* — Si l'on fait cette mesure globale, consistant à comparer le temps moyen du sujet attentif et du sujet distrait, c'est-à-dire moins

1. Voir t. II, p. 11-42.
2. Pour le calcul des moyennes, voir t. II, p. 184-190.

attentif, on aura une évaluation, non de l'attention elle-même puisqu'elle est présente dans les deux cas, mais du raccourcissement correspondant à un effort donné d'attention, raccourcissement qui pourra être comparé chez divers sujets ; mais on doit bien se dire que le raccourcissement pourra être égal chez deux individus de puissance d'attention différente parce que l'effort aura pu élever d'une égale hauteur les niveaux primitifs qui se trouvaient très inégaux. Ce que l'on compare c'est uniquement l'effet d'un effort d'attention, non la valeur des effets de l'attention en général. Et cette valeur ne peut pas être fournie par la valeur absolue du temps de réaction, qui est variable, pour des raisons purement physiologiques, d'un sujet à l'autre.

Il y a un écueil, lorsqu'on distrait un sujet, c'est que la réaction ne devienne automatique, ne suive, en dehors de toute perception, l'excitation par un mécanisme se rapprochant du réflexe. Aussi doit-on éviter d'effectuer les excitations à intervalles réguliers, et la série de 25 réactions doit constituer un maximum, afin d'empêcher l'automatisme de naître.

Enfin ces résultats n'auront une valeur précise que si l'on détermine le sens de l'effort d'attention que devra faire le sujet. L'attention peut en effet porter, soit sur la perception de l'excitation attendue, soit sur la réalisation de la réaction volontaire, et, suivant les cas, c'est le temps de perception ou le temps proprement dit de réaction (élaboration et mouvement) qui est davantage diminué.

La diminution la plus grande s'obtient par l'effort d'attention motrice ; et les sujets qui, sans être pré-

venus, adopteront ce mode d'attention présenteront des raccourcissements plus considérables que ceux qui spontanément porteront surtout leur attention sur l'excitation à percevoir. C'est que l'on exprime en disant que le « type moteur » est plus rapide que le « type sensoriel ».

Mais, en général, en indiquant au sujet sur quoi doit principalement porter son attention, on peut le faire passer d'un type à l'autre.

Il sera bon, dès lors, de faire les expériences en indiquant au sujet qu'il devra surtout porter son attention sur le mouvement à effectuer pour le réaliser le plus rapidement possible.

On pourra en outre faire une autre série d'expériences en lui demandant de porter son attention sur le phénomène sensoriel, et l'on pourra comparer les raccourcissements des temps de réaction dans les deux types d'attention.

III. *Temps de réaction de choix.* — Plus les phénomènes sensoriels qui devront être objet de réaction seront complexes, plus l'attention devra intervenir pour empêcher les erreurs et accélérer la décision de réagir.

On aura donc une méthode qui permettra beaucoup mieux d'étudier la puissance de l'attention en compliquant les excitations sensorielles reçues par le sujet et en limitant à certaines d'entre elles la signification d'incitateurs de réactions. C'est là ce qu'on appelle les temps de choix. On fait en général choisir le sujet entre un son et une lumière, ou un son et un contact, etc.

Nous conseillerons de faire appel à des choix suffisamment compliqués pour rendre relativement diffi-

cile la réaction correcte. On obtient alors des temps assez longs, l'allongement étant dû à l'opération mentale impliquée par le choix, et les effets des variations de l'attention se traduisent par des différences très importantes de durée, différences qui permettent de donner une évaluation très approchée de la puissance d'accélération de l'attention, et, plus généralement de la puissance globale d'attention.

L'on pourra par exemple combiner deux lumières de couleur différente et deux sons de hauteur différente, et demander au sujet de réagir à certaines des combinaisons ou des excitations isolées à l'exclusion des autres.

Si l'on choisit du bleu et du rouge, un son grave et un son élevé, on peut faire réagir par exemple au bleu seul, au son haut seul, et aux combinaisons du bleu et du son grave, du rouge et du son haut.

Les excitations simples ou doubles se feront à intervalles réguliers, de 20 secondes, et l'on préviendra le sujet une seconde avant comme pour les temps de réaction simple. On fera alterner irrégulièrement en apparence les diverses sortes d'excitations, mais en adoptant la même périodicité pour tous les sujets. On peut par exemple choisir la suivante, qui comprend 20 excitations dont 10 doivent être suivies de réactions. Les couleurs sont désignées par les initiales majuscules, les sons grave et haut par les initiales minuscules, et les excitations incitatrices de réactions sont soulignées :

$\underline{\mathrm{B}}$ — $\underline{\mathrm{h}}$ — Rg — R — $\underline{\mathrm{Bg}}$ — Bh — $\underline{\mathrm{Rh}}$ — $\underline{\mathrm{B}}$ — $\underline{\mathrm{Bg}}$ — Rg — $\underline{\mathrm{h}}$ — R — g — $\underline{\mathrm{B}}$ — $\underline{\mathrm{Rh}}$ — Bh — g — Rg — $\underline{\mathrm{Bg}}$ — g — | $\underline{\mathrm{B}}$ — $\underline{\mathrm{h}}$ — etc.

On effectuera 22 excitations, et, en négligeant les deux premières, on fera la moyenne des dix réactions qu'on devra avoir obtenues. On pourra négliger les réactions erronées, mais on devra noter le nombre des erreurs : la comparaison idéale devrait naturellement s'effectuer sur des durées, sans erreurs.

On notera les allongements constatés de ces temps de choix sur les temps moyens de réaction simple à la lumière et au son préalablement établis [1], et l'inverse de ces allongements évalués en fraction centésimale du temps simple donnera un indice de la puissance de l'attention.

Mais, avant de procéder aux expériences, et pour éviter des perturbations dues à des faiblesses de mémoire ou à une incompréhension partielle, on fera plusieurs fois se succéder les huit catégories d'excitants en indiquant au sujet quelles sont celles auxquelles il doit exclusivement réagir, et l'on ne commencera l'expérience que lorsqu'on se sera assuré que le sujet a bien compris et qu'il ne commet pas d'erreur.

4. — Les oscillations de l'attention.

Dans toutes les mesures des temps de réaction simple et de réaction de choix, les diverses valeurs dont on extraiera la moyenne seront nécessairement différentes. Les différences seront dues à des variations

1. Le temps de réaction à la lumière est un peu plus long que le temps de réaction acoustique. On adoptera comme temps de comparaison la moyenne de ces deux temps.

dans l'effort d'attention du sujet, et donneront par conséquent des indications sur les variations de cet effort au cours de l'expérience, sur les oscillations de l'attention. Pour évaluer ces oscillations, on déterminera les écarts des temps immédiatement consécutifs, et on en établira la moyenne ; le rapport de l'écart maximum à la valeur moyenne des temps permettra d'évaluer le maximum des oscillations, et le rapport de l'écart moyen au temps moyen donnera l'indice d'instabilité de l'attention ; l'inverse de cet indice serait naturellement l'indice de stabilité.

CHAPITRE VI

MESURE DE L'AFFECTIVITE SENSORIELLE

Les excitations qui atteignent l'organisme ne sont pas seulement la source de sensations correspondantes, de perceptions en connexion étroite avec elles ; elles suscitent en outre des impressions agréables ou désagréables.

Mais, plus encore que pour la sensation de douleur, le caractère éminemment subjectif de ces impressions rend particulièrement difficile leur étude précise.

Il est seulement possible, avec la collaboration du sujet, de déterminer, pour chaque individu, les excitations sensorielles qui sont nettement agréables, nettement désagréables, ou à peu près indifférentes.

En choisissant un certain nombre d'excitations, en répétant quelquefois les mêmes à assez long intervalle pour rechercher si l'on obtient des réponses identiques, on pourra comparer les individus sous le rapport de ces effets affectifs des excitations, effets affectifs qui peuvent être considérer pour la plupart comme des effets « esthétiques ».

Les excitants les plus propres à cette étude seront surtout des couleurs isolées, des assemblages et des successions de couleurs, des sons de hauteur donnée,

et des accords ou des suites de sons à intervalles variables, des formes simples, isolées ou juxtaposées, etc., etc.

On pourra également demander au sujet des jugements de plus et de moins et classer ainsi hiérarchiquement les impressions agréables ou désagréables provoquées par des séries d'excitations : la hiérarchie ainsi obtenue sera en effet assez variable suivant les sujets et révélera des différences individuelles beaucoup plus nettes que la méthode précédente, plus tranchée mais plus grossière.

Des recherches intéressantes ont été faites déjà, par cette méthode, sur les intervalles musicaux et sur leur valeur esthétique, et Ch. Henry a effectué aussi des expériences sur l'appréciation esthétique des intervalles chromatiques.

Des recherches sur l'appréciation des formes et de leurs combinaisons seraient sans doute particulièrement importantes au point de vue du goût individuel et des goûts des divers peuples en matière sculpturale, et architecturale surtout. La valeur esthétique élémentaire des angles, des courbes diverses, des lignes raides ou souples, des formes surbaissées ou élancées, etc., est certainement à la base des appréciations plus complexes, constituant un fond sensoriel évaluable de façon assez précise.

Les excitations sensorielles sont en outre capables, associées à des mécanismes associatifs plus ou moins complexes, de provoquer des phénomènes affectifs qui, outre le sentiment agréable ou désagréable, embrassent un ensemble de phénomènes caractérisant l'émotion.

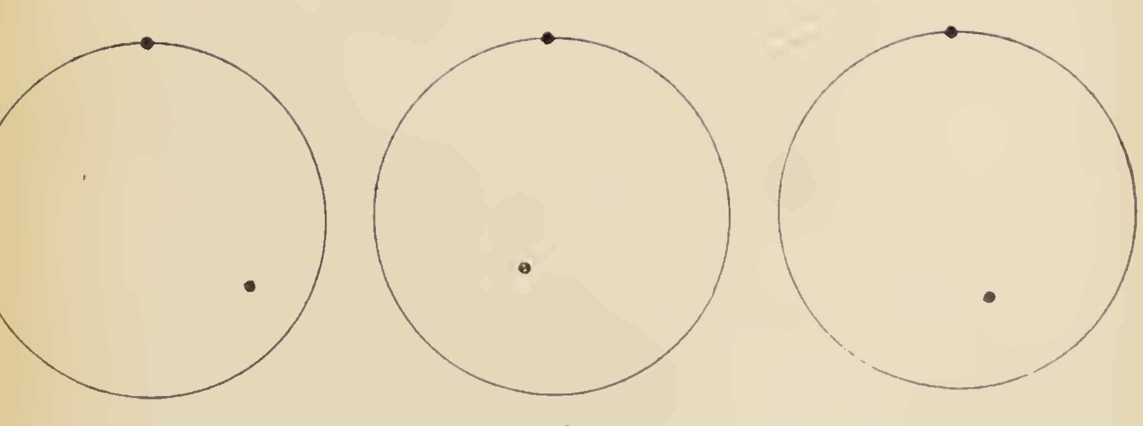
Mais la psychologie expérimentale n'a pas de méthode pour la mesure de l'émotion qui, en revanche, comme le sentiment agréable ou désagréable, mais beaucoup plus encore, entraîne des perturbations de certaines fonctions physiologiques qui peuvent être soumises à la mesure. De l'intensité relative de ces perturbations peut se déduire l'intensité relative des émotions corrélatives. Mais les méthodes qui relèvent de la physiologie sortent du cadre de cette technique et seront exposées dans le volume de cette bibliothèque consacré à la Physiologie psychologique.

En revanche, pour toutes les mesures consacrées aux fonctions mentales, mémoire, association, jugement, etc., on peut évaluer l'influence exercée par les phénomènes émotionnels, en faisant des recherches comparatives chez un même sujet en état de calme et en état d'émotivité, avant un examen, en l'attente d'une nouvelle importante, etc., ou bien sous l'influence d'une excitation brusque susceptible de provoquer une perturbation affective, une « émotion de laboratoire », coup de gong, fracas brusque de verrerie brisée, détonations, explosion subite de magnésium, contact inattendu d'un reptile, etc. On peut faire survenir l'émotion par exemple entre la question et la réponse, ou, pour la mémoire, entre l'acquisition du souvenir et sa reproduction ou sa reconnaissance. On pourra aussi faire précéder purement et simplement au phénomène émotionnel, ou lui faire accompagner l'excitation servant de point de départ à la mesure.

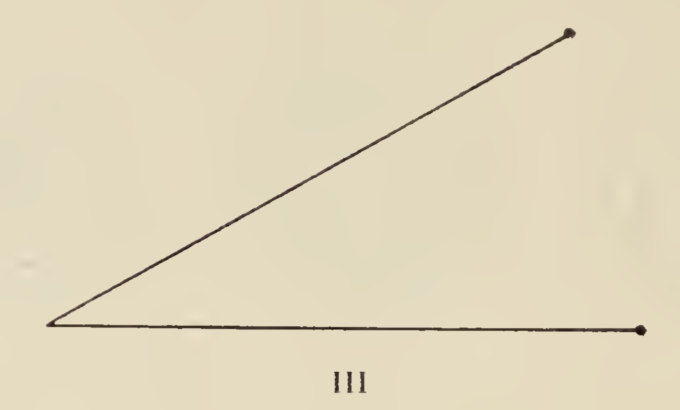
LISTE DES TESTS

1. Il faudrait un 2e tableau de 11 angles croissant par degré de 25° à 35° pour ce test étalon de 30°.

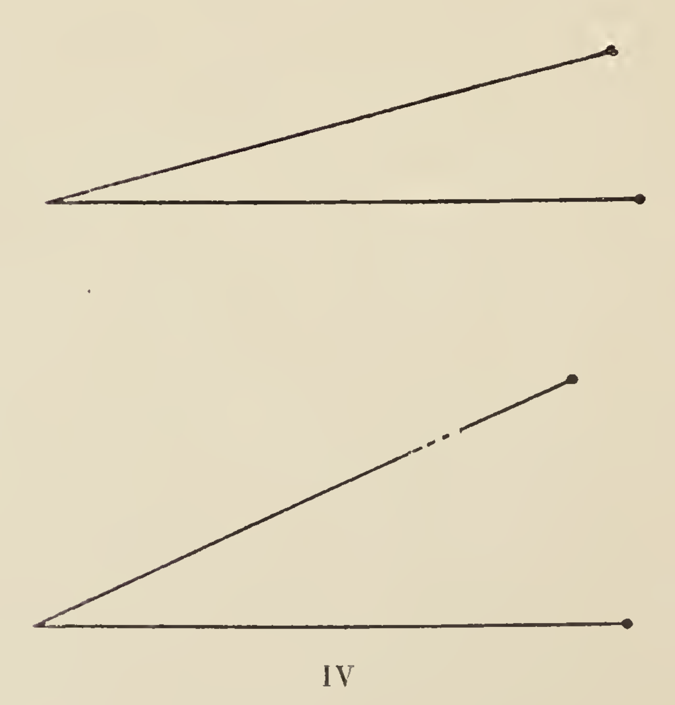
I



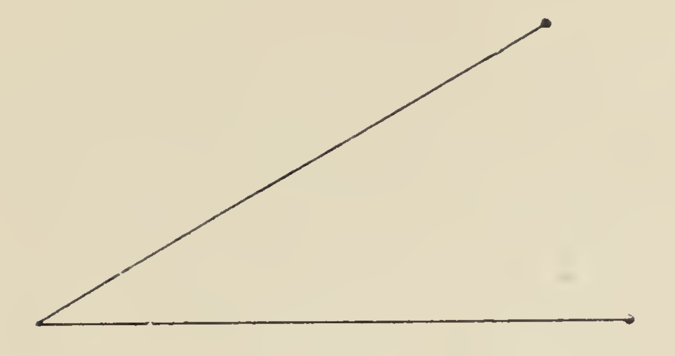
II

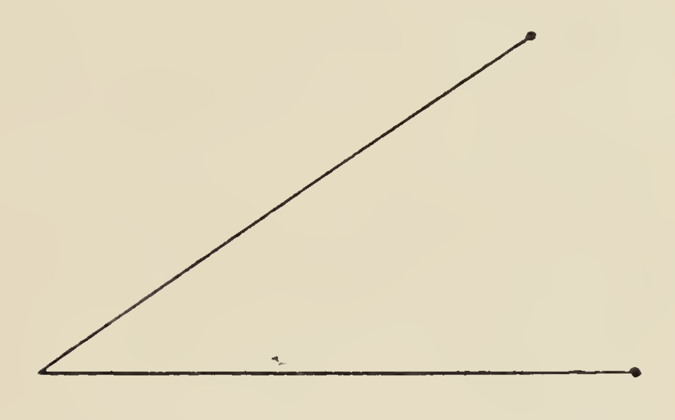


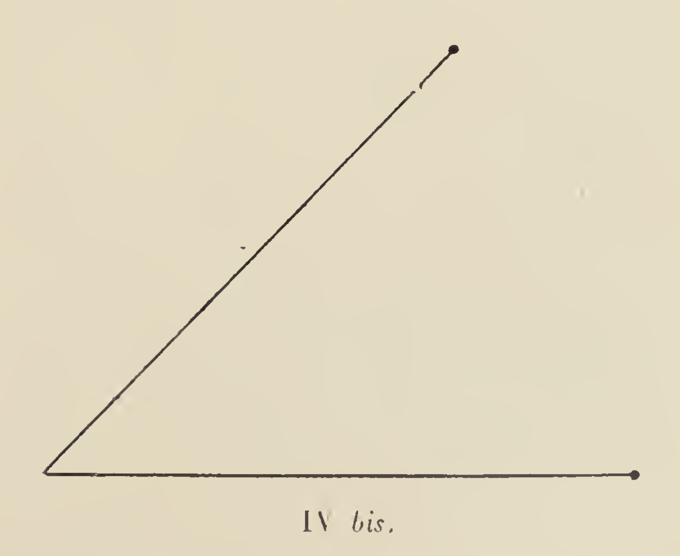
III



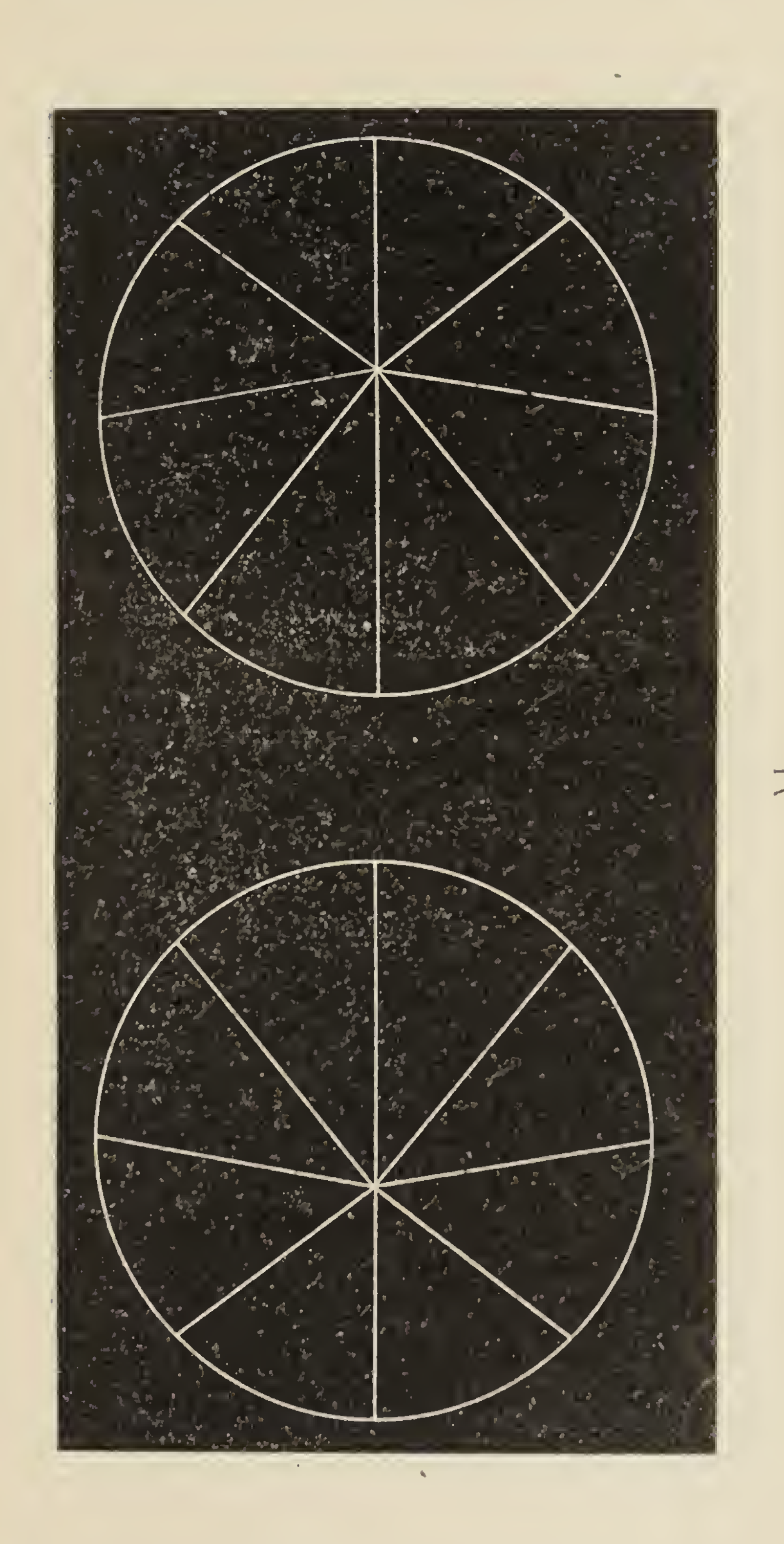
IV





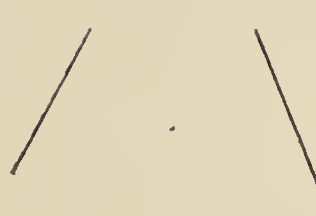


IV *bis.*




VII

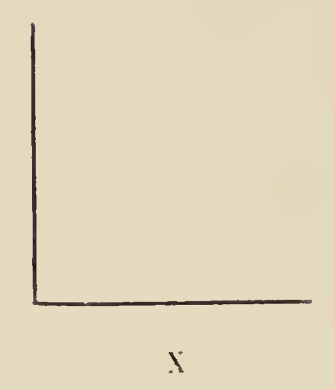




VIII

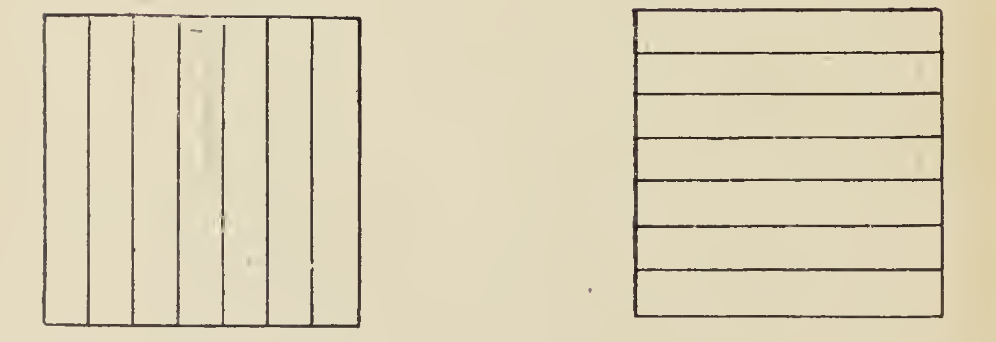
F L

IX



X

XI



XII

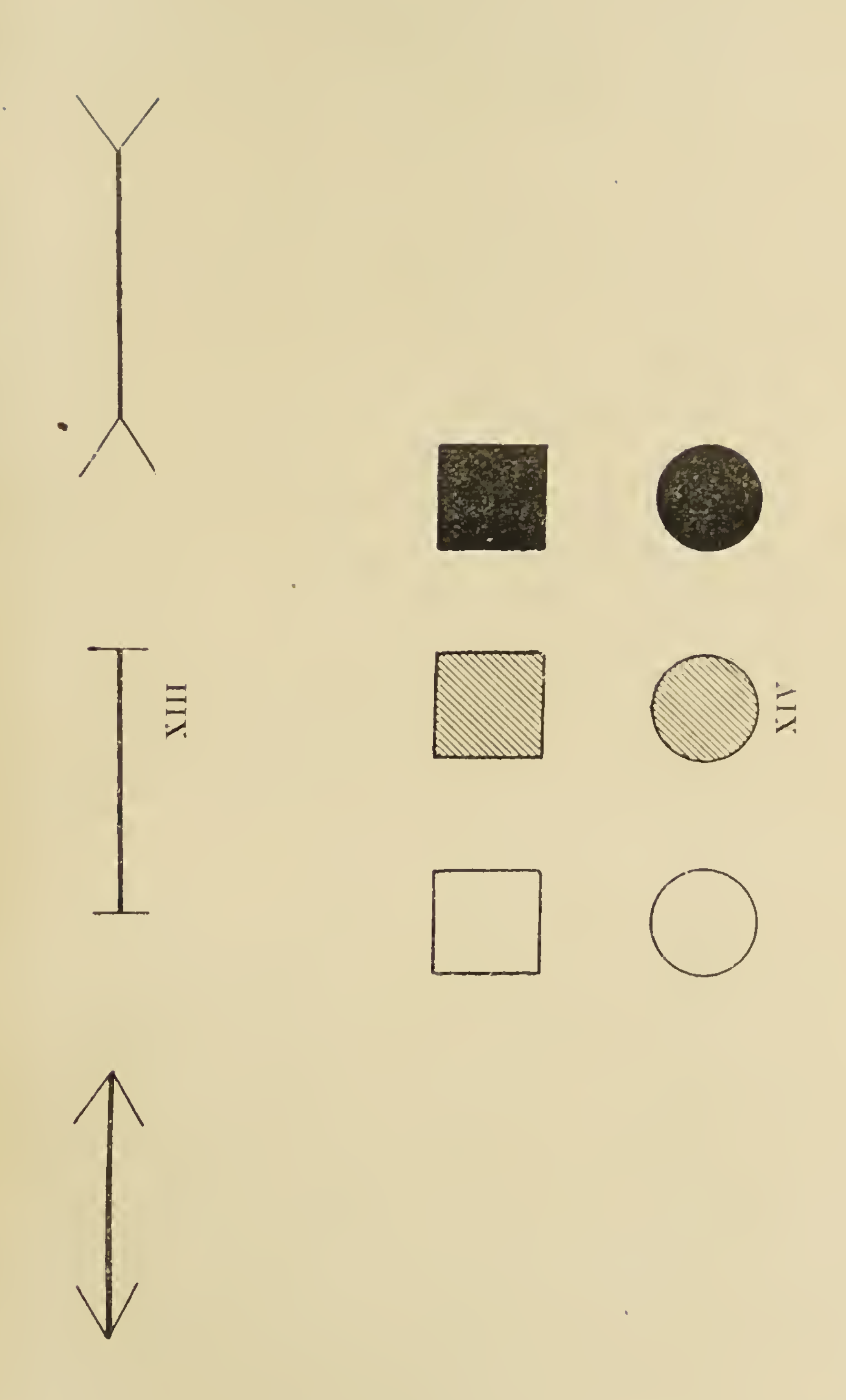

XIII
XIV





TABLE DES FIGURES

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre II

Mesure des sensations sous-cutanées.

Chapitre III

Mesure des sensations du goût et de l'odorat.

Chapitre IV

Mesure des sensations visuelles.

Chapitre V

Mesure des sensations auditives.

Chapitre VI

Mesure des sensations labyrinthiques.

DEUXIÈME PARTIE

Mesure des phénomènes sensoriels complexes.

Chapitre premier

Mesure des perceptions liées à des sensations cutanées.

Chapitre II

Mesure des perceptions liées à des sensations visuelles associées.

Chapitre III

Mesure des perceptions liées à des sensations auditives associées.

CHAPITRE IV

Mesure des perceptions liées à diverses sensations associées.

CHAPITRE V.

Mesure de l'attention sensorielle.

CHAPITRE VI

CHARTRES. — IMPRIMERIE DURAND, RUE FULBERT.



